



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

Departamento: Ingeniería Eléctrica

Área de Conocimiento: Instalaciones de Alta Tensión

TRABAJO FIN DE GRADO

Diseño de Subestación Eléctrica Intemperie 66/20 kV y anillo de M.T. para la alimentación del polígono industrial Asegra

Grado en

Ingeniería en Tecnologías Industriales

Autor: Carmen María Valenzuela Ruiz

Tutor: José Jesús López Vázquez

MÁLAGA, Junio de 2025



(Esta hoja se ha dejado en blanco intencionadamente)

RESUMEN

Debido a la necesidad de transportar grandes cargas a largas distancias, el sistema eléctrico cuenta con una red de Alta Tensión con tensiones habituales de 400kV, 220kV y 66kV, lo que permite disminuir las pérdidas de potencia que este transporte conlleva y, la consecuente disminución de las secciones de los conductores. No obstante, para dar suministro a los clientes finales, como en el caso de estudio, se hace necesario la construcción de subestaciones eléctricas de distribución, nexo entre la red de transporte (66 kV) y la red de distribución (20 kV).

Este proyecto se centra en el diseño de una subestación eléctrica con una relación de transformación 66/20 kV, bajo un diseño de un parque de AT de tecnología híbrida y un parque de media tensión de tipo interior, con el objeto de satisfacer la previsión de demanda y conexión del polígono industrial Asegra a la red existente.

Debido a que la infraestructura de estudio deberá de ser cedida a la compañía distribuidora Endesa, que asumiría su mantenimiento, las condiciones de diseño se basan principalmente en las especificaciones técnicas de su guía SRZ001.

Además, se llevará a cabo el diseño y reparto de potencia en las parcelas que constituyen el polígono, bajo una red subterránea de media tensión y centros de transformación de tipo compañía, bajo las especificaciones del documento NRZ001; quedando fuera del alcance del proyecto la BT.

Palabras Clave: Subestación, aparamenta, centro de transformación, Alta tensión, distribución.

SUMMARY

Due to the need to transport large electrical loads over long distances, the power system includes a high-voltage transmission network with typical voltage levels of 400 kV, 220 kV, and 66 kV. This allows for a reduction in power losses during transmission and, consequently, a decrease in the required conductor cross-sections. However, in order to supply electricity to end users, as is the case in this study, it becomes necessary to construct distribution substations, which act as the link between the transmission network (66 kV) and the distribution network (20 kV).

This project focuses on the design of an electrical substation with a transformation ratio of 66/20 kV, featuring a high-voltage (HV) hybrid switchgear yard and an indoor medium voltage (MV) switchgear section, with the purpose of meeting the expected demand and enabling the connection of the Asegra Industrial Park to the existing distribution network.

Since the planned infrastructure is to be transferred to the distribution company Endesa, which will be responsible for its operation and maintenance, the design criteria are mainly based on the technical specifications established in its SRZ001 guideline.

In addition, the project includes the design and power allocation for the plots within the industrial park, using an underground medium-voltage network and company-type transformer substations, following the specifications of the NRZ001 document. The design of low-voltage (LV) internal installations within each plot is expressly excluded from the scope of this project.

Keywords: Substation · Switchgear · Transformer substation · High voltage · Distribution



DOCUMENTOS

MEMORIA	7
ANEXO CÁLCULO	85
PLIEGO DE CONDICIONES	229
PLANOS	251
ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	273
PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN	297
PRESUPUESTO	315



(Esta hoja se ha dejado en blanco intencionadamente)



MEMORIA

Autor: Carmen María Valenzuela Ruiz

Tutor: José Jesús López Vázquez

MÁLAGA, Junio de 2025



(Esta hoja se ha dejado en blanco intencionadamente)



ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. OBEJTO.....	21
2. ALCANCE DEL PROYECTO	21
3. ANTECEDENTES.....	21
3.1 Emplazamiento y situación	21
3.2 Conexiones red.....	22
4. NORMATIVA Y REFERENCIAS.....	22
4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas.....	22
4.2 Programas de cálculo.....	23
4.3 Bibliografía	23
5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.....	23
6. REQUISITOS DE DISEÑO.....	25
6.1 Configuración general.....	26
6.2 Parámetros básicos de diseño	26
6.2.1 Esquema subestaciones EDE.....	26
6.2.2 Condiciones de servicio de la instalación.....	27
6.2.3 Niveles de tensión, aislamiento e intensidades de cortocircuito	27
7. DESCRIPCIÓN SET.....	28
7.1 Características constructivas.....	28
7.1.1 Urbanizado y viales	28
7.1.2 Vallado.....	29
7.1.3 Cimentaciones	29
7.1.4 Estructuras metálicas	31
7.1.4.1 Pórticos entrada líneas 66 kV.....	31
7.1.4.2 Soportes de aparamenta.....	31
7.1.4.3 Soportes de embarrado.....	33
7.2 Parque de alta tensión (AT) doble barra.....	33
7.2.1 Cadenas de entrada SET.....	35
7.2.1.1 Cadena de suspensión.....	37



7.2.1.2	Horquilla-Bola:.....	37
7.2.1.3	Rótula.....	38
7.2.1.4	Grapa suspensión.....	38
7.2.1.5	Cadena de amarre.....	39
7.2.1.6	Grapa de amarre.....	39
7.2.2	Embarrado principal.....	40
7.2.3	Conductor unión apartamenta.....	41
7.2.4	Autoválvulas unipolares.....	42
7.2.5	Transformadores de tensión (TT) de 66 kV.....	43
7.2.5.1	Transformador de Tensión Capacitivo.....	43
7.2.5.2	Transformador de Tensión Inductivo.....	44
7.2.6	Aisladores tipo soporte 66 kV.....	46
7.2.7	Módulos Híbridos.....	47
7.2.7.1	Módulo Híbrido Y1 y módulo Single Bay de Acople.....	47
7.3	Sistema de transformación.....	49
7.3.1	Transformadores.....	50
7.3.2	Resistencia de puesta a tierra de los neutros.....	52
7.3.3	Embarrado de salida del transformador.....	52
7.3.4	Autoválvulas 20 kV.....	54
7.4	Descripción del parque de media tensión (MT).....	54
7.4.1	Edificio 20 kV.....	55
7.4.2	Conductor 20 kV.....	55
7.4.3	Celdas MT.....	56
7.4.3.1	Posiciones de Línea.....	57
7.4.3.2	Posiciones de Transformador.....	58
7.4.3.3	Posiciones de Baterías de Condensadores (BBCC).....	59
7.4.3.4	Posiciones de Servicios Auxiliares (SSAA).....	60
7.4.3.5	Posición de Unión Longitudinal.....	61
7.4.3.6	Posiciones de Medida.....	62
7.4.3.7	Barras Colectoras.....	63
7.4.4	Batería de condensadores.....	63



7.5 Sistema de servicios auxiliares.....	64
7.5.1 Transformadores de servicios auxiliares	64
7.6 Sistema de Puesta a Tierra.....	66
7.6.1 Puesta a Tierra Inferior	66
7.6.2 Puesta a Tierra Superior	67
7.7 Sistema de control y protección	68
7.7 Protecciones eléctricas	69
8. DESCRIPCIÓN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN MT	72
8.1 Anillos de distribución	72
8.1.1 Línea subterránea de MT.....	73
8.1.1.1 Cable de MT.....	73
8.1.1.2 Canalizaciones.....	74
8.1.1.3 Arquetas.....	74
8.1.1.4 Puesta a tierra	76
9. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN	77
9.1 Distribución Cts	77
9.2 Edificio de transformación.....	78
9.3. Celdas MT	79
9.4. Puesta a tierra	83
9.4.1 Tierra de protección.....	83
9.4.2 Tierra de servicio.....	83

**ÍNDICE FIGURAS**

FIGURA 1.REFERENCIA CATASTRAL.....	25
FIGURA 2 PGOU POLÍGONO.....	26
FIGURA 3 VALLADO SET.....	29
FIGURA 4 CIMENTACIÓN.....	30
FIGURA 5 PÓRTICO ENTRADA.....	31
FIGURA 6 SOPORTE APARAMENTA.....	32
FIGURA 7 ENTRADA LÍNEAS LA-380.....	36
FIGURA 8 AISLADOR CS70 66PU INAEL.....	36
FIGURA 9 CADENA DE SUSPENSIÓN.....	37
FIGURA 10 HORQUILLA-BOLA:.....	37
FIGURA 11 RÓTULA.....	38
FIGURA 12 GRAPA SUSPENSIÓN.....	38
FIGURA 13 CADENA DE AMARRE.....	39
FIGURA 14 GRAPA DE AMARRE.....	39
FIGURA 15 EMBARRADO RÍGIDO CONDUCTOR TUBO AL.....	40
FIGURA 16 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS TUBO AL.....	40
FIGURA 17 EMBARRADO RÍGIDO CONDUCTOR TUBO AL.....	41
FIGURA 18 CONDUCTOR DESNUDO LA-380.....	41
FIGURA 19 AUTOVÁLVULA INAEL.....	42
FIGURA 20 FIGURA. DISTANCIAS MÍNIMAS ENTRE AUTOVÁLVULAS.....	43
FIGURA 21 TRANSFORMADOR DE TENSIÓN CAPACITIVO.....	44
FIGURA 22 TRANSFORMADOR DE TENSIÓN INDUCTIVO.....	45
FIGURA 23 AISLADORES EMBARRADO.....	46
FIGURA 24 MODELO 32.072G.12.05. POINSA.....	47
FIGURA 25 MÓDULO HÍBRIDO.....	48
FIGURA 26. TRANSFORMADOR SIEMENS DE 66/20 KV.....	51
FIGURA 27 TRANSFORMADOR DE POTENCIA.....	51
FIGURA 28 RESISTENCIA A TIERRA HILKAR.....	52
FIGURA 29. CARACTERÍSTICAS DEL EMBARRADO DE SALIDA DEL TRANSFORMADOR.....	52
FIGURA 30 PLETINA DE COBRE EMBARRADO.....	52
FIGURA 31 EMBARRADO TRANSFORMADOR MT.....	53
FIGURA 32. AISLADOR C4-125.....	53
FIGURA 33. SECCIÓN DE LA AUTOVÁLVULA DE 20 KV.....	54
FIGURA 34 CABLE X-VOLT RHZ1-OL 12/20 KV.....	55
FIGURA 35 CELDAS CBGS-0 MESA.....	56
FIGURA 36 CELDA CBGS-0 MESA.....	57
FIGURA 37 PROTECCIÓN DE LÍNEA.....	58



FIGURA 38 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS CELDAS	58
FIGURA 39 PROTECCIÓN DE TRANSFORMADOR	59
FIGURA 40 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS CELDA	59
FIGURA 41 PROTECCIÓN DE CONDENSADORES	60
FIGURA 42 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS CELDA	60
FIGURA 43 PROTECCIÓN SSAA	61
FIGURA 44 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS CELDA	61
FIGURA 45 POSICIÓN DE UNIÓN LONGITUDINAL	62
FIGURA 46 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS CELDA	62
FIGURA 47 POSICIÓN MEDIDA	62
FIGURA 48 BATERÍA DE CONDENSADORES CIRCUTOR	63
FIGURA 49 BOTES CONDENSADORES	64
FIGURA 50. SECCIÓN DEL TUMETIC 250 KVA	65
FIGURA 51. ELECTRODO DE INDEC	67
FIGURA 52 PUNTAS FRANLIN	67
FIGURA 53 SISTEMA DE CONTROL Y PROTECCIÓN	68
FIGURA 54 CUADRO	69
FIGURA 55 INGEPAC™ EF-MD	69
FIGURA 56 SIPROTEC 4 7SD52/53	70
FIGURA 57 INGEPAC™ EF-MD	70
FIGURA 58 EL INGEPAC™ EF TD	70
FIGURA 59. SIEMENS 7UT6	70
FIGURA 60 INGEPAC™ EF LD	71
FIGURA 61 ANILLOS DISTRIBUCIÓN	72
FIGURA 62 EL CABLE RHZ1-OL H1	73
FIGURA 63 CARACTERÍSTICAS CABLE RHZ1-OL H1	74
FIGURA 64 TUBO PE D200	74
FIGURA 65 ARQUETA	75
FIGURA 66 SOLID BONDING	76
FIGURA 67 CAJA PUESTA A TIERRA PSISTERER	76
FIGURA 68 CTS ALIMENTADOS ANILLO 1	77
FIGURA 69 CTS ALIMENTADOS ANILLO 2	78
FIGURA 70 DIMENSIONES	78
FIGURA 71 EDIFICIO PFU.5/20	78
FIGURA 72 CARACTERÍSTICAS CELDAS	79
FIGURA 73 CGMCOSMOS-L	80
FIGURA 74 CGMCOSMOS-P	81
FIGURA 75 TRANSFORMADOR: TRANSFORMADOR ACEITE 24 KV	82
FIGURA 76 POTENCIA MÍNIMA A INSTALAR	93
FIGURA 77. DIAGRAMA DEL CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO	98



FIGURA 78. TABLA DE LA PUESTA A TIERRA.....	100
FIGURA 79 CONFIGURACIÓN TRAFÓ.....	100
FIGURA 80. ESQUEMA HOMOPOLAR Y ESQUEMA SECUENCIA DIRECTA E INVERSA	101
FIGURA 81 ESQUEMA HOMOPOLAR	101
FIGURA 82. NIVELES AISLAMIENTO E INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO	103
FIGURA 83. GRUPO A	103
FIGURA 84. GRUPO B.....	104
FIGURA 85. GRUPO C.....	104
FIGURA 86. PASILLOS DE INSPECCIÓN	106
FIGURA 87. DISTANCIAS AL CIERRE PERIMETRAL.....	107
FIGURA 88. VALORES HABITUALES DE CORRIENTES NOMINALES DE DESCARGA (IN) Y CLASE DE DESCARGA DE LÍNEA EN FUNCIÓN DE LA TENSIÓN NOMINAL (UN) DEL SISTEMA.....	122
FIGURA 89 ENERGÍA	123
FIGURA 90. LÍNEA DE FUGA ESPECÍFICA NOMINAL EN FUNCIÓN DEL NIVEL DE CONTAMINACIÓN.....	124
FIGURA 91 CARACTERÍSTICAS.....	126
FIGURA 92 SATURACIÓN T.I	128
FIGURA 93 CARACTERÍSTICA.....	129
FIGURA 94. DISPOSICIÓN LÍNEAS.....	131
FIGURA 95 TABLA 10, ITC-RAT 06, CABLES DIRECTAMENTE ENTERRADOS EN CONTACTO.....	136
FIGURA 96. LÍNEA DE FUGA ESPECÍFICA NOMINAL EN FUNCIÓN DEL NIVEL DE CONTAMINACIÓN.....	140
FIGURA 97 INAEI AUTOVALVULA.....	141
FIGURA 98. BATERÍA DE CONDENSADORES EN MT EN FUNCIÓN DE LA TENSIÓN DE RED Y POTENCIA	143
FIGURA 99. TENSIONES NOMINALES Y TOLERANCIAS ADMISIBLES	144
FIGURA 100 ESQUEMA.....	145
FIGURA 101. MÉTODO DE WENNER	146
FIGURA 102. MALLA DE PUESTA A TIERRA	147
FIGURA 103 MALLA PAT	149
FIGURA 104. ESQUEMA DE CORTOCIRCUITO	150
FIGURA 105 TENSIONES PASO Y CONTACTO	151
FIGURA 106. VALORES ADMISIBLES DE UCA EN FUNCIÓN DE LA CORRIENTE DE LA FALT.....	152
FIGURA 107 RADIO ESFERAS	155
FIGURA 108 FUNCIONAMIENTO SICP SET	156
FIGURA 109 FUNCIONAMIENTO UCS	157



FIGURA 110 ARMARIO UCP	159
FIGURA 111 ANSI AT	159
FIGURA 112 ANSI SECUNDARIAS.....	160
FIGURA 113. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL INGEPAC™ EF-LD	160
FIGURA 114. SIPROTEC 4 7SD52/53.....	161
FIGURA 115. TABLA DEL FABRICANTE DEL SIPROTEC 4 7SD52/53	161
FIGURA 116. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL SIPROTEC 4 7SD52/53	162
FIGURA 117 ANSI BARRAS.....	162
FIGURA 118 ANSI INTERRUPTOR	162
FIGURA 119. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL INGEPAC™ EF-MD	163
FIGURA 120 ANSI TRANSFORMADORES	164
FIGURA 121 ANSI PRIMARIA	164
FIGURA 122 ANSI SECUNDARIA	164
FIGURA 123 ANSI.....	165
FIGURA 124. SIEMENS 7UT6.....	166
FIGURA 125. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL SIEMENS 7UT6	166
FIGURA 126 ANSI CIRCUITO	168
FIGURA 127. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL INGEPAC™ EF-LD	168
FIGURA 128 CARACTERÍSTICAS RELE.....	169
FIGURA 129 ANSI.....	169
FIGURA 130 ANSI.....	169
FIGURA 131 ANSI.....	170
FIGURA 132 ANSI.....	170
FIGURA 133. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL INGEPAC™ EF-MD	170
FIGURA 134 ANSI.....	171
FIGURA 135. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL INGEPAC™ EF-CB	172
FIGURA 136 ESQUEMA INGETEAM.....	173
FIGURA 137 PUNTO APLICACIÓN	175
FIGURA 138 ESQUEMA CIMENTACIÓN.....	177
FIGURA 139 ESFUERZOS SOBRE PÓRTICO.....	178
FIGURA 140 ESFUERZOS AUTOVÁLVULA	183
FIGURA 141 CIMENTACIÓN AUTOVÁLVULA.....	184
FIGURA 142 ESFUERZOS AISLADORES	185
FIGURA 143 PARÁMETROS MECÁNICOS.....	185
FIGURA 144 CIMENTACIÓN AISLADOR.....	186
FIGURA 145 ESFUERZOS TT.....	186
FIGURA 146 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	187
FIGURA 147 CIMENTACIÓN TT	187
FIGURA 148 ESFUERZOS MÓDULO HÍBRIDO	188
FIGURA 149 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	188



FIGURA 150 CIMENTACIÓN MÓDULO HÍBRIDO	189
FIGURA 151 ESFUERZOS EMBARRADO	189
FIGURA 152 PESOS	190
FIGURA 153 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	190
FIGURA 154 ESFUERZOS.....	191
FIGURA 155 DESLIZAMIENTO.....	192
FIGURA 156 RAMA 2 ANILLO 2	210
FIGURA 157 ANILLO 2	211
FIGURA 158 TENSIÓN DE PASO	225
FIGURA 159 TENSIÓN DE PASO EXTERIOR.....	226



ÍNDICE TABLAS

TABLA 1 CIMENTACIONES.....	30
TABLA 2 PÓRTICOS ENTRADA	31
TABLA 3 SOPORTE APARAMENTA.....	32
TABLA 4 SOPORTES SELECCIONADOS.....	32
TABLA 5 SOPORTES DE EMBARRADO.....	33
TABLA 6 PERFIL HEB	33
TABLA 7 ESQUEMA PARQUE AT.....	33
TABLA 8 CARACTERÍSTICAS AISLADOR CS70 66PU INAEL	36
TABLA 9 CARACTERÍSTICAS HORQUILLA-BOLA.....	37
TABLA 10 CARACTERÍSTICAS RÓTULA	38
TABLA 11 CARACTERÍSTICAS GRAPA SUSPENSIÓN	38
TABLA 12 CARACTERÍSTICAS GRAPA DE AMARRE	39
TABLA 13 CARACTERÍSTICAS TUBO AL	40
TABLA 14 CONDUCTOR DESNUDO LA-380.....	41
TABLA 15 CARACTERÍSTICAS DE LA AUTOVÁLVULA DE 66 KV INAEL	42
TABLA 16 . DIMENSIONES DE LA AUTOVÁLVULA	43
TABLA 17 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TT.....	44
TABLA 18 CARACTERÍSTICAS DEL TRANSFORMADOR CAPACITIVO DDB-72.....	44
TABLA 19 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.....	45
TABLA 20 CARACTERÍSTICAS DEL TRANSFORMADOR DE TENSIÓN INDUCTIVO UTE-72.....	45
TABLA 21 PROPIEDADES ELÉCTRICAS AISLADOR	47
TABLA 22 PROPIEDADES MECÁNICAS AISLADOR.....	47
TABLA 23 PROPIEDADES FÍSICAS AISLADOR	47
TABLA 24 CARACTERÍSTICAS MÓDULO HÍBRIDO Y1	48
TABLA 25 CARACTERÍSTICAS ASIGNADAS DEL INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	49
TABLA 26 CARACTERÍSTICAS ASIGNADAS DE LOS SECCIONADORES COMBINADOS Y PUESTA A TIERRA	49
TABLA 27 CARACTERÍSTICAS ASIGNADAS DE LOS TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD.....	49
TABLA 28. TENSIONES PARA LA PARTE DE 66 KV.....	50
TABLA 29. POTENCIA DEL TRANSFORMADOR	51
TABLA 30. DIMENSIONES Y PESO DEL TRANSFORMADOR	51
TABLA 31. DIMENSIONES DEL AISLADOR C4-125.....	53
TABLA 32. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL AISLADOR C4-125.....	53
TABLA 33. CARACTERÍSTICAS DE LA AUTOVÁLVULA DE 20 KV	54
TABLA 34. CARACTERÍSTICAS DE LA AUTOVÁLVULA DE 20.....	54
TABLA 35 CARACTERÍSTICAS DEL CABLE 1×240 MM ² 12/20 KV.....	56
TABLA 36 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS CELDA MT.....	57



TABLA 37. CARACTERÍSTICAS DE TUMETIC 250 KVA.....	64
TABLA 38 MÓDULO RECTIFICADOR BATERÍA RECTICUR	65
TABLA 39. CARACTERÍSTICAS ELECTRODO	66
TABLA 40 PREVISIÓN DE CARGAS	95
TABLA 41 NIVELES AISLAMIENTO E INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO SRZ001 ..	97
TABLA 42. BASE DE CÁLCULO	98
TABLA 43. INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO POR ZONAS.....	99
TABLA 44. CARACTERÍSTICAS DE LA PUESTA A TIERRA	100
TABLA 45. CORTOCIRCUITO POR ZONAS	102
TABLA 46 DISTANCIA LÍMITE	108
TABLA 47 DISTANCIAS ZONAS SEGURIDAD	108
TABLA 48 VIGA EMPOTRADA.....	112
TABLA 49 ESFUERZOS	112
TABLA 50 LIMITE FLUENCIA	114
TABLA 51 TABLA ITC LAT 04	115
TABLA 52 AISLADOR POINSA	116
TABLA 53 PROPIEDADES	116
TABLA 54 REQUISITOS	118
TABLA 55. CARACTERÍSTICAS DEL PARQUE DE 66 KV	121
TABLA 56. CARACTERÍSTICAS ZONA AT	122
TABLA 57 IMPACTOS AÑO.....	123
TABLA 58 CARACTERÍSTICAS	126
TABLA 59 Y LOS FACTORES DE SEGURIDAD, SEGÚN CEI 71-2:	127
TABLA 60 CARACTERÍSTICAS	130
TABLA 61. CARACTERÍSTICAS DEL PARQUE DE 20 KV	132
TABLA 62. CARACTERÍSTICAS DEL EMBARRADO DE SALIDA DEL TRANSFORMADOR	133
TABLA 63. CARACTERÍSTICAS ZONA AT	139
TABLA 64 PARÁMETROS AUTOVÁLVULA	142
TABLA 65 FACTORES DE SEGURIDAD.....	142
TABLA 66 SERVICIOS CORRIENTE ALTERNA	144
TABLA 67 PROPIEDADES MALLA	149
TABLA 68. CARACTERÍSTICAS DEL CABLE AÉREO DE TIERRA	150
TABLA 69. OBTENCIÓN DE LA CORRIENTE DE DEFECTO A TIERRA	151
TABLA 70 COMPROBACIÓN TENSIONES.....	153
TABLA 71 ESFUERZO VIENTO PORTICO	182
TABLA 72 HERRAJES.....	182
TABLA 73 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS.....	184
TABLA 74 CONFIGURACIÓN ANILLO.....	193
TABLA 75 POTENCIAS CTS	197



TABLA 76 TENSIONES MT	197
TABLA 77 RESISTENCIAS.....	198
TABLA 78 REACTANCIA.....	198
TABLA 79 TEMPERATURA CONDUCTOR	198
TABLA 80 INTENSIDADES ADMISIBLES	199
TABLA 81 CONDICIONES	199
TABLA 82 FACTOR TEMPERATURA	199
TABLA 83 FACTOR AGRUPACIÓN.....	199
TABLA 84 RESISTIVIDAD	200
TABLA 85 FACTOR PROFUNDIDAD	200
TABLA 86 CANALIZACIÓN MÁS DESFAVORABLE	201
TABLA 87 INTENSIDAD ADMISIBLE.....	201
TABLA 88 ANILLOS	202
TABLA 89 INTENSIDADES ENDESA	203
TABLA 90 CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO ADMISIBLES EN LOS CONDUCTORES DE SECCIONES NORMALIZADAS, EN KA	203
TABLA 91 INTENSIDAD CORTOCIRCUITO	204
TABLA 92 CAÍDA TENSIÓN ANILLO 1	205
TABLA 93 CAÍDA TENSIÓN ANILLO 2	205
TABLA 94 PÉRDIDAS DE POTENCIA ANILLO 1	206
TABLA 95 PÉRDIDAS DE POTENCIA ANILLO 2	206
TABLA 96 ESQUEMA ANILLO 1	207
TABLA 97 CORRIENTE DE CARGA.....	207
TABLA 98 IX E IY.....	208
TABLA 99 INTENSIDADES.....	209
TABLA 100 RAMA 1 ANILLO 1.....	210
TABLA 101 CAÍDA TENSIÓN.....	210
TABLA 102 CAÍDA TENSIÓN.....	211
TABLA 103 CORRIENTE DE CARGA.....	212
TABLA 104 INTENSIDAD TRAMOS.....	213
TABLA 105 RAMA 1	214
TABLA 106 RAMA 2	215
TABLA 107 CAIDA TENSIÓN RAMA 2	215
TABLA 108 LISTADO LER.....	302
TABLA 109 ESTIMACIÓN MOVIMIENTO TIERRAS	303
TABLA 110 VALORES ESTADÍSTICOS RCD	303
TABLA 111 ESTIMACIÓN RESIDUOS	304
TABLA 112 MEDIDAS PREVENTIVAS	306
TABLA 113 FRACCIONES TONELADAS	309



(Esta hoja se ha dejado en blanco intencionadamente)



1. OBJETO

El objeto del presente proyecto es tanto el diseño como cálculo de una subestación eléctrica 66/20 kV, destinada a alimentar al Polígono Industrial Asegra. El proyecto contempla asimismo el diseño de la red de distribución en media tensión (20 kV) y los Centros de Transformación (CTs) necesarios.

2. ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance del proyecto incluye las siguientes actuaciones:

- Diseño eléctrico y constructivo de una subestación 66/20 kV, incluyendo:
 - Especificación de transformadores de potencia.
 - Aparataje de alta y media tensión.
 - Sistemas de protección, control, medida y comunicaciones.
 - Sistema de puesta a tierra.
 - Infraestructura civil asociada.
- Definición de la red de distribución en media tensión (20 kV) mediante anillos, asegurando redundancia y flexibilidad operativa.
- Dimensionamiento y emplazamiento de los Centros de Transformación (CTs) necesarios para la correcta alimentación de los usuarios del polígono.
- Análisis de cargas y estimación de demanda.
- Cumplimiento de normativas técnicas y de seguridad, incluyendo:
- Elaboración de la documentación técnica.

No será objeto del presente proyecto cálculos ni diseños de obras civiles, PCI, iluminación, ACS, fontanería ni aquellas instalaciones auxiliares no vinculadas con las asignaturas de Alta tensión.

3. ANTECEDENTES

3.1 Emplazamiento y situación

El Polígono Industrial Asegra, está ubicado en el término municipal de Peligros, en la provincia de Granada.

La localización exacta de la subestación se define mediante el sistema de referencia ETRS89 / UTM Zona 30N (EPSG:25830), con las siguientes coordenadas:

Coordenada X: 444291.77 m

Coordenada Y: 4119950.07 m

Altitud: 677 m sobre el nivel del mar



3.2 Conexiones red

Se ha previsto la conexión con dos líneas de 66 kV, situadas a una distancia de 150 metros del emplazamiento.

4. NORMATIVA Y REFERENCIAS

4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas

- RD 1955/2000: Regulación de las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica (de 1 de diciembre).
- Ley 24/2013 del Sector Eléctrico (de 26 de diciembre).
- RD 337/2014: Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITCRAT 01 a 23.
- RD 223/2008: Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- RD 842/2002: Reglamento electrotécnico para baja tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-BT 01 a 51.
- RD 1110/2007: Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (Orden 12 de abril de 1999).
- RD 2267/2004: Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- RD 1066/2001: Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitarias frente a emisiones radioeléctricas.
- RD 1367/2007: Real Decreto por el que se desarrolla la Ley 37/2003 del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- Ley 22/2011 de Residuos y suelos contaminados.
- RD 1890/2008: Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Normas particulares de la compañía distribuidora Endesa SRZ001,DYZ1000,FYZ3000,NRZ01.
- Normas UNE de aplicación.



4.2 Programas de cálculo

Se ha hecho uso de los siguientes software y programas de cálculo:

- Matlab
- Microsoft Excel
- Amikit
- Presto

4.3 Bibliografía

1. [Kuffel, E. ; Zaengl, W.S. High voltage engineering. Fundamentals. Pergamon Press, Oxford,
2. Anderson. Power system protection. .
3. Phadke & Thorp. Computer relaying for power systems.
4. Uriondo. Protecciones de sistemas eléctricos de potencia. UPV.
5. Apuntes de la asignatura de Instalaciones de Alta Tensión.
6. Apuntes de la asignatura de Líneas y redes de transporte.

5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

Definiciones de ITC-RAT 01 para subestaciones eléctricas

Subestación:

“Conjunto situado en un mismo lugar de la aparamenta eléctrica y de los edificios necesarios para realizar alguna de las funciones siguientes: transformación de la tensión, de la frecuencia, del número de fases, rectificación, compensación del factor de potencia y conexión de dos o más circuitos.”

(Real Decreto 337/2014, ITC-RAT 01)

Interruptor automático:

"Interruptor capaz de interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito y también bajo condiciones anormales especificadas, como las de cortocircuito."

(Real Decreto 337/2014, ITC-RAT 01)

Seccionador:

"Aparato mecánico de conexión, capaz de abrir y cerrar un circuito cuando es despreciable la corriente a establecer o a interrumpir, o bien cuando no se produce un cambio apreciable de tensión entre los bornes de cada uno de los polos del seccionador. En posición abierta, asegura una distancia de seccionamiento que satisface unas condiciones especificadas de aislamiento. Es capaz de soportar



corrientes de paso en condiciones normales del circuito y durante un tiempo especificado en condiciones anormales, tales como las de cortocircuito."

(Real Decreto 337/2014, ITC-RAT 01)

Transformador de medida:

"Transformador destinado a reproducir en su circuito secundario, en condiciones normales de utilización, una magnitud eléctrica, corriente o tensión, proporcional a la correspondiente magnitud de su circuito primario."

(Real Decreto 337/2014, ITC-RAT 01)

Transformador de intensidad:

"Transformador de medida destinado a reproducir en su circuito secundario una corriente proporcional a la que circula por su circuito primario."

(Real Decreto 337/2014, ITC-RAT 01)

Transformador de tensión:

"Transformador de medida destinado a reproducir en su circuito secundario una tensión proporcional a la aplicada a su circuito primario."

(Real Decreto 337/2014, ITC-RAT 01)

Cuadro de control:

"Conjunto de equipos que incluyen dispositivos de mando, protección, señalización y medida, reunidos en una envolvente común."

T.I: Transformador de intensidad.

T.T: transformador de tensión.

C.T: centro de transformación.

A.T: Alta Tensión.

M.T: Media Tensión.

BIL: nivel aislamiento frente a sobretensiones tipo impulso atmosférico.

PF: máxima tensión eficaz para sobretensión temporal.

6. REQUISITOS DE DISEÑO

La SET se localizará en Polígono 6 Parcela 10 BOCINA. Peligros (Granada).

Con la siguiente referencia catastral: 18156A006000100000RG.

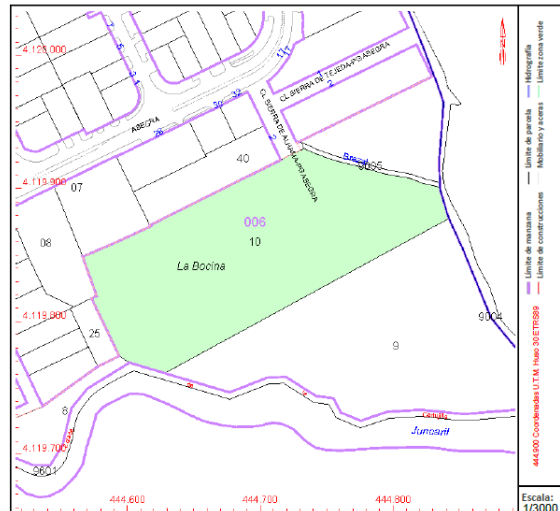


FIGURA 1.REFERENCIA CATASTRAL

Se ha estudiado la ubicación de la parcela donde se proyecta la instalación de la subestación eléctrica, situada en el ámbito de suelo urbano del término municipal de Peligros (Granada), según el Plan General de Ordenación Urbana.

La parcela seleccionada se encuentra dentro de la categoría de suelo urbano consolidado, lo que permite la implantación de infraestructuras técnicas como subestaciones eléctricas, cumpliendo con la normativa urbanística municipal.

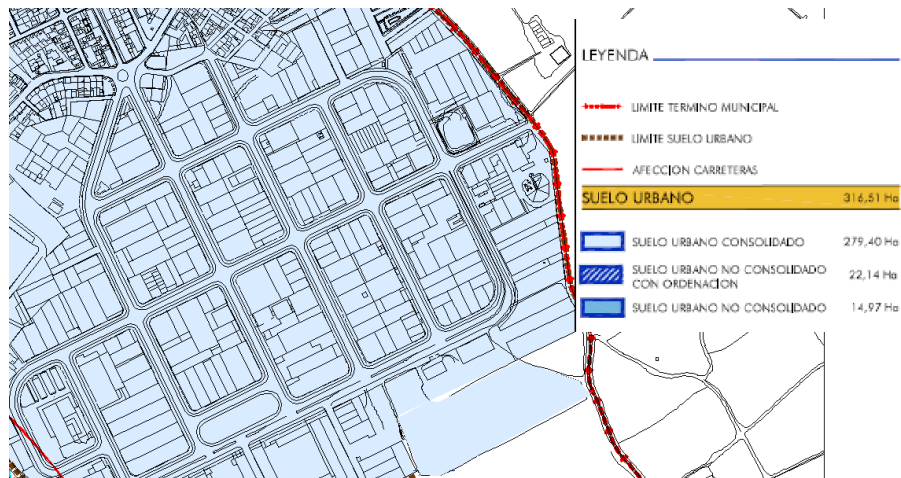


FIGURA 2 PGOU POLÍGONO

6.1 Configuración general.

La subestación eléctrica objeto del proyecto estará compuesta por dos sistemas de tensión con la siguiente configuración, tal y como establece el documento SRZ001 Especificaciones Técnicas Particulares de Subestaciones AT/MT de e-distribución:

- Un sistema de Alta Tensión de 66 kV de intemperie de tipología híbrida en configuración en doble barra.
- Un sistema de Media Tensión en celdas de interior en configuración en simple barra.
- Un conjunto de transformación entre ambos niveles de tensión formado por dos transformadores de potencia instalados en intemperie 66/20 kV y conexión Yyn0.

Además, la red de Media Tensión (20 kV) asociada al proyecto se estructurará en anillos con tipología de bucle autosuficiente, lo que asegura la continuidad del suministro incluso en situaciones de fallo en uno de los tramos del anillo.

Finalmente, los centros de transformación incluidos en el alcance del proyecto serán de tipo cliente, diseñados para la transformación de energía de 20 kV a baja tensión (0,4 kV). Estarán equipados con transformadores trifásicos de conexión Dyn11,

6.2 Parámetros básicos de diseño

6.2.1 Esquema subestaciones EDE

Las nuevas Subestaciones AT//MT se configurarán, en general, siguiendo los siguientes esquemas:

- Modelo estándar: constituye la opción predeterminada de diseño para subestaciones nuevas que disponen de dos transformadores.



- Modelo especial: se trata de una configuración específica que contempla tres transformadores, destinada a subestaciones ubicadas en áreas con alta densidad poblacional o elevada demanda de potencia.
 - Modelo simplificado: corresponde a una solución con un único transformador, que será adoptada únicamente cuando exista una justificación técnica adecuada.
- Se adopta el esquema estándar para el diseño de la subestación, ya que se dispone de dos líneas de alimentación en alta tensión (AT) y la instalación contará con dos transformadores de potencia.

6.2.2 Condiciones de servicio de la instalación

Las condiciones ambientales que debe del emplazamiento son las siguientes:

- Altura sobre el nivel del mar..... 667 m
- Tipo de zona.....B (Según R.L.A.T.)
- Temperaturas extremas..... + 40° C/-25° C
- Contaminación ambiental..... Alta.
- Nivel de niebla..... Bajo-Medio.
- Velocidad máxima del viento.....120 km/h.

6.2.3 Niveles de tensión, aislamiento e intensidades de cortocircuito

La selección de los aislamientos y de los dispositivos contra sobretensiones se realizará según las directrices citadas a continuación:

Se seguirán los criterios establecidos en la norma UNE-EN 60071-1 y UNE-EN 60071-2 (Coordinación del aislamiento).

Tal y como se recoge en la ITC RAT 04, para los distintos niveles de tensión:

Alta tensión

- Tensión nominal (U_n): 66 kV
- Niveles de aislamiento:
 - Tensión más elevada para el material (U_m): 72,5 kV.
 - Tensión soportada a frecuencia industrial (U_f): 140 kV en valor eficaz.
 - Tensión soportada con onda de choque tipo rayo (UI): 325 kV (cresta).
- Intensidad térmica de cortocircuito (I_{ter} , 1 seg)*: 31,5 kA.
- Valor cresta de la intensidad de cortocircuito (I_{cc}): 80 kA.

Estos valores son fundamentales para el diseño y la selección de los equipos eléctricos, asegurando el correcto funcionamiento y la seguridad del sistema.

(*). El valor de la intensidad de cortocircuito (I_{ter}) en el punto de conexión de la instalación corresponde al valor normalizado suministrado por Endesa 31,5 kA.



Media tensión

- Tensión nominal (U_n): 20 kV
- Niveles de aislamiento:
 - Tensión más elevada para el material (U_m): 24 kV.
 - Tensión soportada a frecuencia industrial (U_f): 50 kV en valor eficaz.
 - Tensión soportada con onda de choque tipo rayo (U_I): 125 kV (cresta).
- Intensidad térmica de cortocircuito (I_{ter} , 1 seg)*: 8,5 kA
- Valor cresta de la intensidad de cortocircuito (I_{cc}): 22 kA.

(*) La intensidad de media tensión ha sido calculada de acuerdo con la configuración de la subestación.

7. DESCRIPCIÓN SET

Para este proyecto se ha optado por una subestación híbrida en lugar de una convencional totalmente AIS o GIS, principalmente por criterios de espacio, coste y mantenimiento.

Las subestaciones AIS ocupan mucho terreno, ya que necesitan distancias de seguridad en aire, lo cual no era viable en el emplazamiento disponible. Por otro lado, las GIS, aunque más compactas, suponen un coste muy elevado y un mantenimiento más complejo, ya que todo va encapsulado en gas SF₆.

La solución híbrida permite aprovechar lo mejor de cada tecnología: se utilizan módulos GIS en zonas críticas para reducir espacio, y equipos AIS donde no hay tantas limitaciones, lo que baja el coste global. Además, este tipo de diseño facilita el mantenimiento y ofrece buena flexibilidad para futuras ampliaciones.

A continuación, se describen los componentes de los distintos sistemas que forman parte de la instalación. Las características constructivas y las especificaciones de dichos componentes se encuentran detallados en el documento SRZ001 de Especificaciones Técnicas de Subestaciones AT/MT.

El esquema unifilar y la planta general con la disposición física de la instalación se encuentran representados en el Documento: PLANOS.

7.1 Características constructivas

7.1.1 Urbanizado y viales

El acceso a la subestación se realizará desde el vial asfaltado ya existente.

En el interior del recinto de la subestación, los viales se han diseñado con firme rígido compuesto por una losa de hormigón HA-200 de 15 cm de espesor, dispuesta sobre una base de zahorra artificial compactada. Esta disposición cumple con las recomendaciones establecidas por e-distribución en sus especificaciones particulares (documento SYZH01, apartado 7.1.3).

7.1.2 Vallado

El cerramiento de la subestación se ejecutará mediante una valla metálica de 2,50 metros de altura, formada por paneles galvanizados con malla electrosoldada.

Los postes de fijación, de sección circular, se anclarán sobre un bastidor de hormigón armado que recorre el perímetro. Para garantizar la continuidad equipotencial del recinto, el vallado se interconectará a la red de puesta a tierra en puntos distribuidos de forma uniforme.

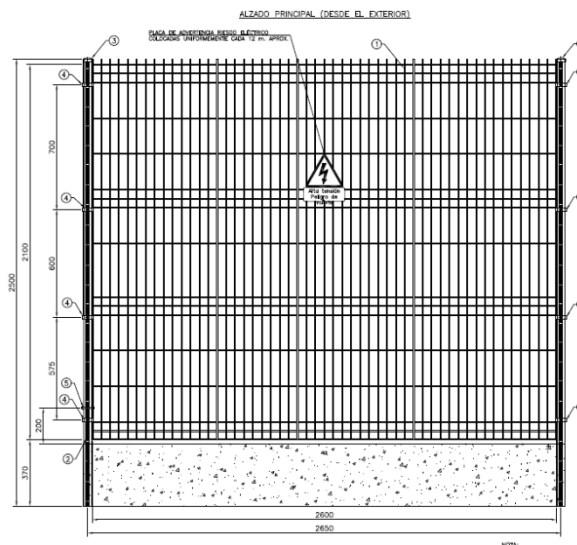


FIGURA 3 VALLADO SET

7.1.3 Cimentaciones

Las cimentaciones de los elementos del parque serán de tipo superficial, ejecutadas mediante cimentaciones monobloque por apoyo, realizadas en dos fases de hormigonado, de acuerdo con lo establecido en la norma de referencia SRZ001 – Especificaciones Técnicas de Subestaciones AT/MT, en su apartado 8.1.1.

Las fundaciones se proyectan conforme a la naturaleza del terreno, aplicando el método de Sulzberger.

No se admitirá un ángulo de giro de la cimentación cuya tangente sea superior a 0,01 para alcanzar el equilibrio frente al momento de vuelco. El coeficiente de seguridad frente al vuelco, definido como la relación entre el momento estabilizador y el momento de vuelco, no será inferior a 1,5.

El hormigonado se realizará en dos fases, utilizando hormigón en masa tipo HM-20, con las siguientes características:

- Primera fase (cimentación base):
 - Tipo de hormigón: HM-20/B/XC2
 - Resistencia característica: 200 kg/cm²
 - Consistencia: Blanda (B)
 - Clase de exposición ambiental: XC2

- Segunda fase (peana estructural):
 - Tipo de hormigón: HM-20/P/XC2
 - Resistencia característica: 200 kg/cm²
 - Consistencia: Plástica (P)
 - Clase de exposición ambiental: XC2

Durante el hormigonado se dejarán embebidos los tubos pasamuros necesarios para la instalación posterior de las estructuras. El diseño y ejecución garantizarán la perfecta alineación de las esperas, así como la verticalidad del conjunto.

Cimentación	Aparato	a (m)	b(m)	h (m)	Vol (m ³)
C1	Pararrayos	1,0	1,0	1,0	1,0
C2	Pórticos	2x1,0	2x4,0	2x1,20	4,8
C3	T.T capacitivo	1,0	1,0	1,0	1,0
C4	T.T. inductivo	1,0	1,0	1,0	1,0
C5	Aisladores soporte	1,0	1,0	1,0	1,0
C5	Embarrados	1	4,0	1,0	4,0
C6A	Módulos Y1	1,50	1,50	1,0	2,25
C6B	Módulos Single Bay	1,50	1,50	1,0	2,25
C7	Embarrados	1	4,0	1,0	4,0
C8	P. Franklin	2,00	2,00	1,0	6,00

TABLA 1 CIMENTACIONES

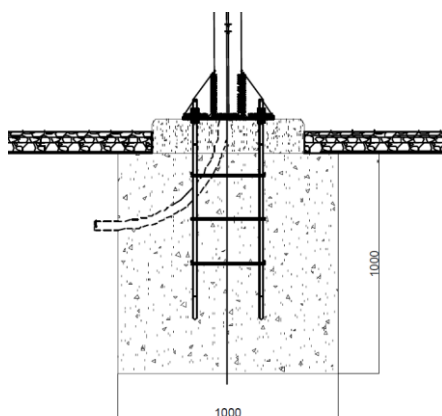


FIGURA 4 CIMENTACIÓN

Las peanas superiores de cada cimentación se han definido conforme a criterios geométricos constructivos, adoptando una forma prismática de dimensiones 10 cm menores por lado respecto a la base de cimentación enterrada. Esta reducción permite una ejecución en dos fases diferenciadas, mejora la durabilidad del hormigón en la zona emergente y facilita el montaje de equipos mediante anclaje por pernos embebidos.

La altura libre de las peanas se ha fijado en 0,30 m sobre rasante, como valor estándar suficiente para permitir el paso de tubos pasamuros, conexiones a tierra y evitar contacto directo de la estructura metálica con el terreno natural.

7.1.4 Estructuras metálicas

Su diseño y ejecución se realiza conforme al apartado 8.2 del documento SRZ001 de Endesa, utilizando acero estructural tipo S275JR con recubrimiento galvanizado según EN/ISO 1461, y garantizando la resistencia frente a cargas mecánicas, viento, y esfuerzos dinámicos.

7.1.4.1 Pórticos entrada líneas 66 kV

Se han previsto dos pórticos metálicos que cumplen la función de amarre y transición de las líneas de 66 kV al interior de la subestación.

Cantidad de estructuras	2 pórticos
Configuración	Tipo “A” (forma de “V” invertida)
Montaje	Modular, completamente atornillado
Fustes inclinados	4 por pórtico
Perfil de fustes	HEB 300
Dintel superior (viga de amarre)	1 por pórtico
Perfil del dintel	HEB 300 o equivalente
Altura libre total	14,00 m
Longitud del dintel	8,00 m

TABLA 2 PÓRTICOS ENTRADA



FIGURA 5 PÓRTICO ENTRADA

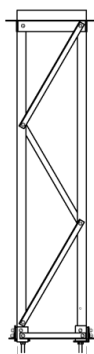
7.1.4.2 Soportes de aparamenta

Las estructuras metálicas destinadas a la fijación de los distintos equipos que conforman las instalaciones de Alta Tensión serán del tipo celosía, y se corresponderán con las indicadas en los

planos del proyecto. Dichas estructuras serán suministradas por el fabricante IMEDEXSA, garantizando la compatibilidad dimensional y mecánica con los equipos previstos y cumpliendo con las especificaciones técnicas de galvanizado y resistencia estructural exigidas.

Tipo de estructura	Celosía simple triangular
Denominación	BB-h, siendo h la altura del báculo.
Sección de base	0,5 m × 0,5 m (cuadrada)
Material	Perfiles angulares de acero galvanizado
Fijación a cimentación	2 pernos de anclaje M20 por montante, acero B500S, rectos o corrugados, 600 mm de longitud
Protección superficial	Galvanización en caliente según UNE-EN ISO 146
Normas de referencia	Acero estructural S275JR soldable; galvanizado conforme a norma
Accesorios integrables	Cajas de accionamiento, contadores de descarga, etc.
Conectividad eléctrica	Montantes con taladros para puesta a tierra

TABLA 3 SOPORTE APARAMENTA

FIGURA 6 SOPORTE APARAMENTA
FUENTE: IMEDEXSA

Equipo	Tipo de báculo	Altura (m)	Peso del báculo (kg)	Carga vertical admisible (kg)	Carga horizontal admisible (kg)
Autoválvula	BB-2	2,0	130	1.000	960
Transformador de tensión	BB-2	2,0	130	1.000	960
Aislador soporte	BB-2	2,0	130	1.000	960

TABLA 4 SOPORTES SELECCIONADOS

La fijación al terreno se realiza mediante pernos de anclaje. A nivel referencial, se utilizarán:

- Altura < 4m: 1 o 2 pernos de anclaje M20 por montante, recto y corrugado (calidad B500s), y 600mm de longitud.

7.1.4.3 Soportes de embarrado.

Elemento estructural	Perfil	Altura (mm)	Ancho ala (mm)	Espesor alma/ala (mm)	Peso (kg/m)	Inercia (cm ⁴)	Módulo resistente (cm ³)
Montantes (apoyos)	HEB 240	6000	240	11.0 / 19.0	90.5	8720	739
Viga superior	HEB 200	6000	200	9.0 / 15.0	74.3	5440	544

TABLA 5 SOPORTES DE EMBARRADO



TABLA 6 PERFIL HEB

FUENTE: Envato

7.2 Parque de alta tensión (AT) doble barra

El parque de Alta Tensión (AT) doble barra será de tipo exterior de tecnología híbrida, y tendrá la siguiente composición:

- Composición del Parque AT Doble Barra

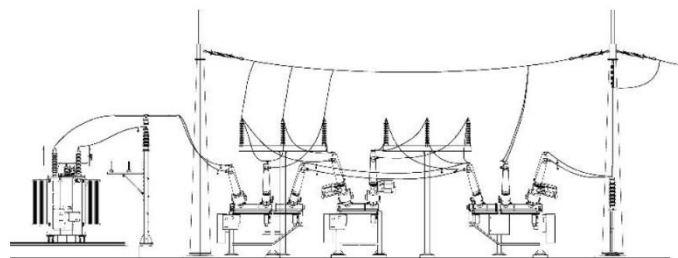


TABLA 7 ESQUEMA PARQUE AT



Dos (2) posiciones de Línea

Esta posición se encarga de la conexión de la línea de alta tensión, permitiendo la transición entre las barras y las líneas que conectan con la subestación.

- **Composición:**
 - 3 pararrayos unipolares por línea de entrada.
 - 1 módulo híbrido Y1 por línea de entrada.
 - 3 transformadores de tensión por línea de entrada.

Dos (2) posiciones de Transformador

- **Composición:**
 - 1 módulo híbrido Y1 de transformador:
 - 1 Interruptor automático con accionamiento eléctrico tripolar.
 - 1 Seccionador con mando tripolar motorizado.
 - 2 Seccionadores de barra con mando tripolar motorizado.
 - 1 Seccionador de puesta a tierra con mando tripolar motorizado.
 - 3 Transformadores de intensidad toroidales.
 - 3 Detectores de presencia de tensión (en el caso de módulos en posiciones de transformador).
 - 9 Aisladores pasatapas de gas SF6/aire para la conexión a los conductores
 - 3 pararrayos unipolares por transformador.

Una (1) posición de Acople

Este módulo será el encargado de acoplar dentro subestación las diferentes barras (acoplamiento), permitiendo su conexión entre las diferentes secciones de la subestación.

- **Composición:**
 - 1 módulo híbrido compacto Single Bay de acoplamiento.
El módulo híbrido Single Bay estará constituido, tomando como referencia la norma GSH002:
 - 1 Interruptor automático con accionamiento eléctrico tripolar.
 - 2 Seccionadores con mando tripolar motorizado.
 - 1 Seccionador de puesta a tierra con mando tripolar motorizado (se dispondrá de un segundo seccionador a tierra en los módulos utilizados como acople).



- 3 Transformadores de intensidad toroidales.
- 3 Detectores de presencia de tensión (en el caso de módulos en posiciones de transformador).
- 9 Aisladores pasatapas de gas SF₆/aire para la conexión a los conductores.

Dos (2) Posiciones de Medida

Se utilizarán transformadores de tensión inductivos para realizar las mediciones necesarias en la red de alta tensión. Estos transformadores son esenciales para el control y monitoreo continuo de la tensión en la subestación, garantizando que los niveles de tensión se mantengan dentro de los valores adecuados.

- **Composición:**
1 transformador de tensión inductivo.

7.2.1 Cadenas de entrada SET

Las cadenas de amarre estarán sujetas al pórtico de entrada, con una separación de 2 metros entre fases.

Para cumplir con criterios de avifauna, la longitud de las cadenas de suspensión no será inferior a 600 mm, y la longitud de las cadenas de amarre no será inferior a 1.000 mm.

- **Cadena de suspensión y amarre (“simples.”)**
Se utilizarán aisladores que superen las tensiones reglamentarias de ensayo tanto a onda de choque tipo rayo como a frecuencia industrial, fijadas en el artículo 4.4 de la ITC07 del R.L.A.T.

Longitud de la cadena:

Longitud total de la cadena (aisladores + herrajes) (m): 1,07

Altura del puente en amarre (m): 1,07

Ángulo de oscilación del puente en amarre (°): 20

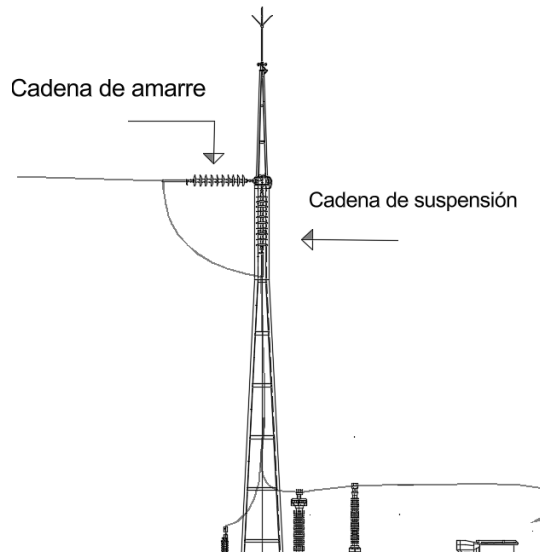


FIGURA 7 ENTRADA LÍNEAS LA-380.

Las líneas de alta tensión de entrada serán fijadas al pórtico de acceso mediante una cadena de aisladores tipo CS70 66PU, fabricada por la empresa INAEL, cuya especificación técnica detallada se incluye en la Tabla 8.

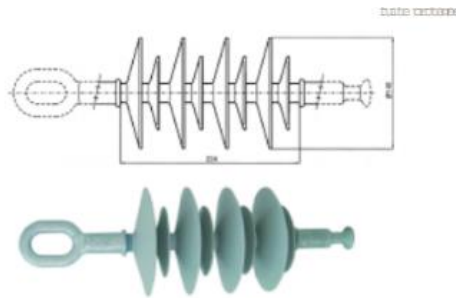


FIGURA 8 AISLADOR CS70 66PU INAEL

Tensión asignada/max (kV)	Línea de fuga mínima (mm)	Línea de fuga protegida (mm)	L (mm)	Carga mecánica especificada (kN)	Torsión (daN×m)	Tensiones soportadas		Peso aprox.
						1,2/50 μ BIL	50 Hz bajo lluvia	
66-72	2474	1076	813	70	6	380	165	3

TABLA 8 CARACTERÍSTICAS AISLADOR CS70 66PU INAEL

A continuación, se describen los diferentes herrajes seleccionados para cada cadena de aisladores, indicando sus características técnicas y asegurando el cumplimiento de las exigencias normativas y de seguridad requeridas en la instalación.

7.2.1.1 Cadena de suspensión

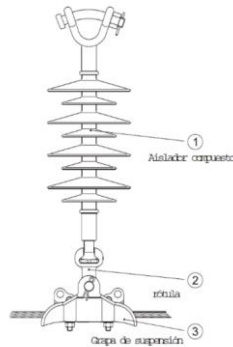


FIGURA 9 CADENA DE SUSPENSIÓN

7.2.1.2 Horquilla-Bola:

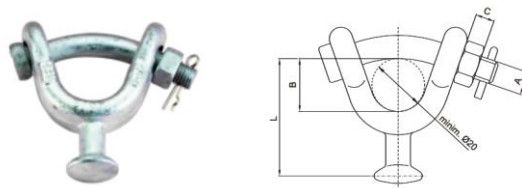


FIGURA 10 HORQUILLA-BOLA:

Elemento	Referencia	Diámetro Tornillo	Carga de Rotura (daN)	Aplicación
Horquilla-Bola	HB-16	M-16	10.000	Unión aislador-ménsula/estructura

TABLA 9 CARACTERÍSTICAS HORQUILLA-BOLA

7.2.1.3 Rótula

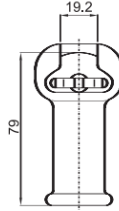


FIGURA 11 RÓTULA

Referencia	Acoplamiento de Rótula Normalizado	Carga de Rotura (daN)	Referencia Rótula Corta	Referencia Rótula Larga
R-16P	CEI-16	9.000	R-16	R-16P

TABLA 10 CARACTERÍSTICAS RÓTULA

7.2.1.4 Grapa suspensión

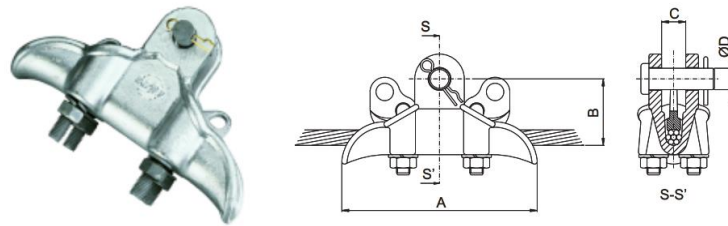


FIGURA 12 GRAPA SUSPENSIÓN

Tipo	Dim. A (mm)	Dim. B (mm)	Dim. C (mm)	Dim. D (mm)	Nº abarc.	Par de apriete (daN·m)	Ø Conductor (mm)	Carga de rotura (kN)	Peso aprox. (kg)
GS4	210	71,5	27	25.5	2×M12	4	18-25.5	105	1,18

TABLA 11 CARACTERÍSTICAS GRAPA SUSPENSIÓN

7.2.1.5 Cadena de amarre

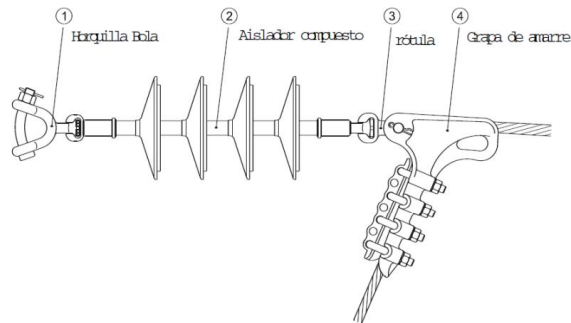


FIGURA 13 CADENA DE AMARRE

7.2.1.6 Grapa de amarre

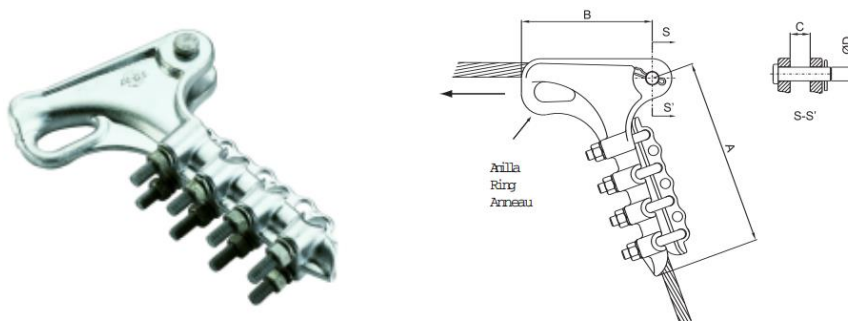


FIGURA 14 GRAPA DE AMARRE

Tipo	Diámetro admisible (mm)	Sección conductor (mm ²)	Carga de rotura (kN)	Material cuerpo	Tornillería	Par de apriete (daN·m)	Peso aprox. (kg)	Norma de referencia
GA-4	25,5	hasta 400	≥ 70	Aleación de aluminio	Acero galvanizado	5 – 7	2,2	UNE-EN 61284

TABLA 12 CARACTERÍSTICAS GRAPA DE AMARRE

7.2.2 Embarrado principal

El embarrado principal de la subestación en el nivel de 66 kV estará configurado como un sistema de doble barra, permitiendo operaciones de mantenimiento y maniobra sin interrupción del suministro.



FIGURA 15 EMBARRADO RÍGIDO CONDUCTOR TUBO AL

FUENTE: IMSE Ingeniería (2019). *Formas constructivas de subestaciones.*

Cada embarrado estará constituido por conductores tubulares de aluminio, con una longitud unitaria de 8 metros (800 cm) y estarán instalados a una altura de 6,00 metros (600 cm) sobre el nivel del suelo, garantizando así el cumplimiento de las distancias mínimas de seguridad según normativa vigente.

Para conformar el embarrado doble completo se requerirá el montaje de:

- 5 tramos por fase y por embarrado, es decir:
 - 5 tramos \times 3 fases \times 2 barras = 30 tramos en total.

Según las especificaciones establecidas por EDE en su apartado 7.1 de la guía técnica SRZ001, para niveles de tensión de 66 kV, el embarrado principal estará conformado por tubos con las siguientes características:

Conductor	Diámetro exterior/interior (mm)	Sección (mm ²)	Límite fluencia min./max. (Kg/m ²)	Intensidad admisible (A)	Dimensionamiento
Tubo Al	120/106	2.485	1600/2400	2985	s/ CEI 865/199

TABLA 13 CARACTERÍSTICAS TUBO AL

Se emplearán tubos de la casa ALU-STOCK, los cuales presentan las siguientes características técnicas, conforme a la aleación 6063 T6.

Øext x Øint	e	Peso	Ixc=Iyc	Wxc=Wyc	Aleación
120 x 106	7,00	7,045	398,159	66,360	6060/6063*

FIGURA 16 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS TUBO AL

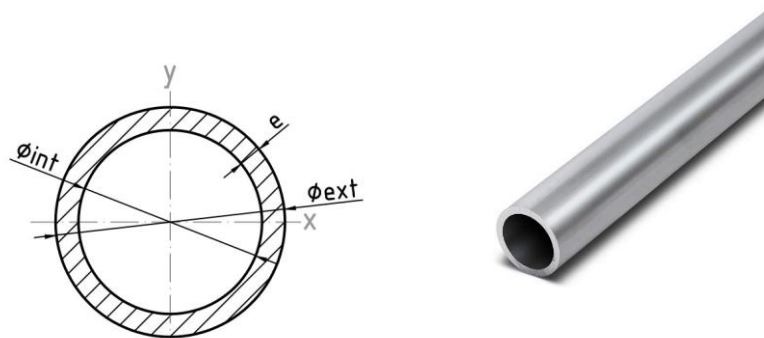


FIGURA 17 EMBARRADO RÍGIDO CONDUCTOR TUBO AL

7.2.3 Conductor unión apartamentada

Para la conexión eléctrica entre los distintos equipos del parque de 66 kV, se empleará conductor desnudo tipo LA-380.

El conductor será instalado de forma aérea, tendido sobre aisladores de soporte según corresponda, y se dispondrá con la tensión mecánica adecuada para evitar flechas excesivas o vibraciones perjudiciales.

Composición	54 hilos de aluminio + 7 hilos de acero
Denominación	337-AL1/44-ST1A (LA-380)
Sección	381 mm ²
Diámetro	25,38 mm
Intensidad admisible (AT = 40 °C)	679,64 A
Peso	1,275 kg/m

TABLA 14 CONDUCTOR DESNUDO LA-380

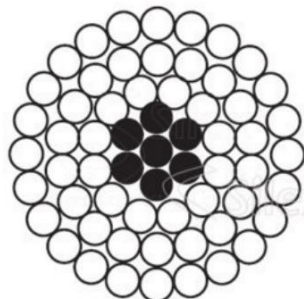


FIGURA 18 CONDUCTOR DESNUDO LA-380

7.2.4 Autoválvulas unipolares

Cada pararrayos unipolar se conecta eléctricamente a la línea LA-380 mediante un conductor de derivación, que enlaza el terminal superior del pararrayos con la fase correspondiente de la línea. Esta conexión se realiza de forma directa al conductor de fase a través de grapas, garantizando una baja impedancia de paso para la derivación de sobretensiones.

El terminal inferior del pararrayos se conecta sólidamente a la toma de tierra mediante un conductor de puesta a tierra de baja impedancia, asegurando la descarga eficiente de la sobretensión hacia el sistema de tierras de la subestación.

Las autoválvulas cumplirán lo indicado en la norma UNE-EN 60099-4 y SNE015 de Endesa .

Esta configuración permite que, ante una sobretensión transitoria en la línea LA-380, el pararrayos actúe instantáneamente desviando el exceso de energía a tierra, protegiendo los equipos aguas abajo.

Los autoválvulas serán de la casa INAEL, tipo ZSP. La elección de dicho modelo responde a su menor peso respecto a otras soluciones del mercado, lo que facilita su manipulación, montaje y fijación en pórticos.

Tensión asignada U_r (kV eficaces)	Tensión Continua U_c (kV eficaces)	STT		Equivalente al frente de onda (kV cresta)	Máxima sobretensión de maniobra (kV cresta)	Tensión residual máxima (kV cresta) Usando una onda de corriente 8/20 μ seg
		1s (kV eficaces)	10s (kV eficaces)			10 kA
60	48	70,1	66,7	151	116	142

TABLA 15 CARACTERÍSTICAS DE LA AUTOVÁLVULA DE 66 kV INAEL

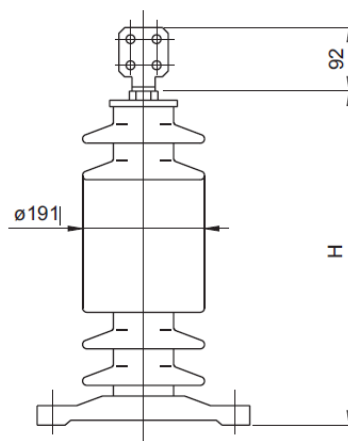


FIGURA 19 AUTOVÁLVULA INAEL

Referencia	Altura total H	Línea de fuga	Peso neto	Separaciones mínimas	
				A **	R***
	Mm	Mm	Kg	mm	mm
ZSP0060	589	1974	23.6	533	457

TABLA 16. DIMENSIONES DE LA AUTOVÁLVULA

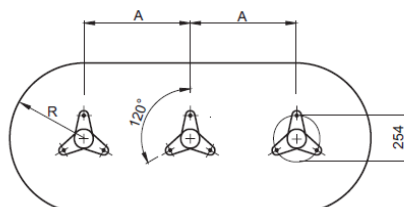


FIGURA 20 FIGURA. DISTANCIAS MÍNIMAS ENTRE AUTOVÁLVULAS

Con el objeto de limitar las sobretensiones y mitigar los efectos perjudiciales derivados de las mismas, se instalarán tres pararrayos unipolares por cada línea, tanto en la entrada de las líneas de Alta Tensión (AT) como junto a las bornas AT de los transformadores de potencia. Esta configuración supone la instalación de un total de doce autoválvulas, garantizando una adecuada protección frente a descargas atmosféricas y sobretensiones de maniobra en los puntos más críticos del sistema.

7.2.5 Transformadores de tensión (TT) de 66 kV.

Se instalan transformadores de tensión (TT) para reducir la tensión de 66 kV a valores aptos para los equipos de medida, protección, además asegurando el aislamiento eléctrico entre los circuitos de alta y baja tensión.

Los transformadores de tensión cumplirán lo indicado en las normas UNE-EN 61869-1, UNE-EN 61869-3 y UNE-EN 61869-5.

7.2.5.1 Transformador de Tensión Capacitivo

Se instalarán tres transformadores de tensión capacitivos monofásicos por cada línea de entrada, conectados en configuración fase-tierra. Estos transformadores estarán acoplados directamente a las fases de la línea mediante el puente flojo, y se ubicarán en la zona de entrada del parque, inmediatamente después de los pórticos de amarre de línea.

De esta forma, se garantiza la supervisión de la red en el punto de entrega, facilitando la detección de anomalías y permitiendo una actuación rápida en caso de incidencias.

Cada TT cuenta con las siguientes conexiones y características técnicas:

Conexión primaria	Fase de 66 kV – Tierra
Conexión secundaria	$110 / \sqrt{3} \text{ V}$
Relación de transformación	$66 / \sqrt{3} \text{ kV} : 0,11 / \sqrt{3} \text{ kV} - 0,11 / \sqrt{3} \text{ kV}$
Potencia asignada (1er arrollamiento)	30 VA – Clase 0,5 / 3P
Potencia asignada (2º arrollamiento)	30 VA – Clase 0,5 / 3P

TABLA 17 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TT

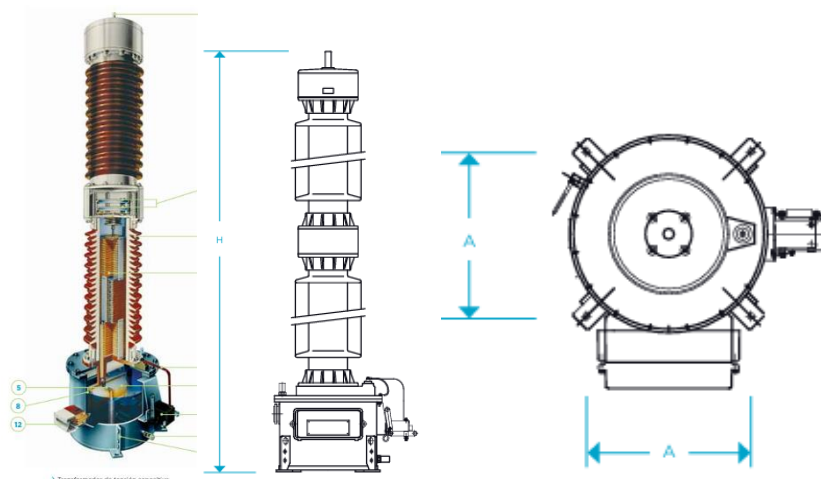


FIGURA 21 TRANSFORMADOR DE TENSIÓN CAPACITIVO.

Fuente:Arteche

Se ha seleccionado el modelo DDB-72 del fabricante ARTECHE, cuyas prestaciones técnicas principales se detallan a continuación.

Tensión máxima de servicio (kV)	Tensiones de ensayo			Capacidad estándar (pF)	Alta Capacidad (pF)	Línea de fuga estándar (mm)	Dimensiones		Peso (kg)
	Frecuencia Industrial (kV)	Impulso (kVp)	Maniobra (kVp)				A (mm)	H (mm)	
72,5	140	325	-	10.300	25.500	1.825	450	1.510	245

TABLA 18 CARACTERÍSTICAS DEL TRANSFORMADOR CAPACITIVO DDB-72

Fuente:Arteche

7.2.5.2 Transformador de Tensión Inductivo

Se han previsto dos transformadores monofásicos inductivos, uno por barra, conectados en configuración fase-tierra, y ubicados en los embarrados principales de AT.

Cada TT cuenta con las siguientes conexiones y características técnicas:

Conexión primaria	Fase de 66 kV – Tierra
Conexión secundaria	110 / $\sqrt{3}$ V
Relación de transformación	66 / $\sqrt{3}$ kV : 0,11 / $\sqrt{3}$ kV – 0,11 / $\sqrt{3}$ kV
Potencia asignada (1er arrollamiento)	30 VA – Clase 0,5 / 3P
Potencia asignada (2º arrollamiento)	30 VA – Clase 0,5 / 3P

TABLA 19 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

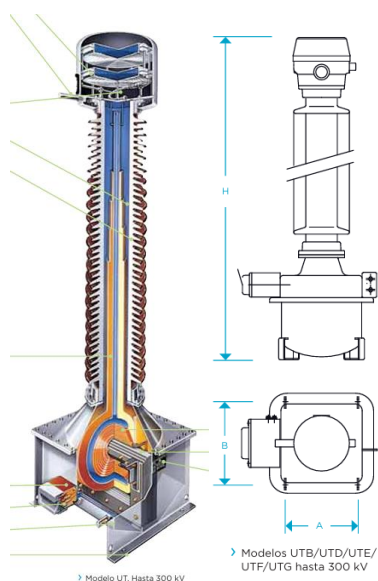


FIGURA 22 TRANSFORMADOR DE TENSIÓN INDUCTIVO

Fuente:Arteche

Se empleará el modelo UTE-72 de ARTECHE cuyas características técnicas son las siguientes:

Tensión máxima de servicio (kV)	Tensiones de ensayo			Potencia térmica (VA)	Línea de fuga estándar (mm)	Dimensiones		Peso (kg)
	Frecuencia industrial (kV)	Impulso (kVp)	Maniobra (kVp)			A x B (mm)	H (mm)	
72,5	140	325	-	2.500	1.825	400x430	1.645	285

TABLA 20 CARACTERÍSTICAS DEL TRANSFORMADOR DE TENSIÓN INDUCTIVO UTE-72

7.2.6 Aisladores tipo soporte 66 kV.

En el parque de 66 kV, los aisladores actúan como elementos de aislamiento eléctrico, separando los conductores activos del embarrado y de la aparamenta respecto a las estructuras metálicas de soporte. Además de soportar mecánicamente los tubos del embarrado y el conductor de unión entre aparamenta, que están sometidos a esfuerzos tanto estáticos como dinámicos. Esta disposición permite evitar flechas no deseadas en los tendidos.

Para cada tramo de embarrado se requieren 6 aisladores, 3 en cada extremo, lo que representa un total de 36 aisladores destinados exclusivamente al soporte de los tubos de embarrado. Adicionalmente, para la conexión de la aparamenta se instalarán 21 aisladores adicionales.



FIGURA 23 AISLADORES EMBARRADO

Los aisladores seleccionados son del tipo rígido polimérico, fabricados por Poinsa, con referencia 32.072G.12.05.

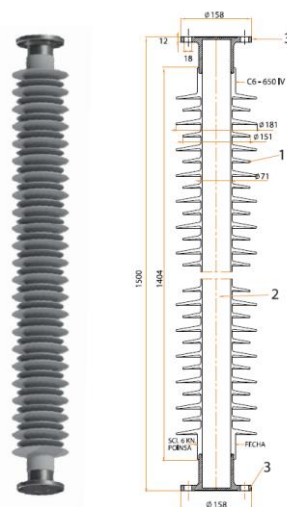


FIGURA 24 MODELO 32.072G.12.05. POINSA

Tensión máxima de servicio	72.5 kV
Tensión soportada a frecuencia industrial (húmedo)	140 kV
Tensión soportada impulso (rayo seco)	325 kV
Norma de referencia	IEC 61952

TABLA 21 PROPIEDADES ELÉCTRICAS AISLADOR

Carga específica a flexión (SCL)	6 kN
Carga máxima de diseño a flexión (MDCL)	2.4 kN

TABLA 22 PROPIEDADES MECÁNICAS AISLADOR

Distancia de fuga mínima	2250 mm
Distancia de arco	665 mm
Peso	12.6 kg

TABLA 23 PROPIEDADES FÍSICAS AISLADOR

7.2.7 Módulos Híbridos

7.2.7.1 Módulo Híbrido Y1 y módulo Single Bay de Acople.

Se ha optado por la utilización de un módulo híbrido compacto, modelo HYpact 72,5, fabricado por GE Vernova. Este equipo integra en una sola estructura encapsulada los principales componentes de conmutación y protección, reduciendo de forma significativa el espacio requerido y simplificando la instalación y mantenimiento.

El módulo HYpact es una solución de tecnología híbrida (AIS-GIS), en la que se combinan elementos aislados en aire (interruptores, seccionadores) con componentes encapsulados en gas SF₆ (transformadores de medida y conexiones internas).



FIGURA 25 MÓDULO HÍBRIDO

Las características técnicas de este equipo se detallan a continuación.

Tipo	-	HYpact 72,5
Tensión nominal	kV	72,5
Frecuencia nominal	Hz	50/60
Tensión soportada a frecuencia industrial	-	-
- A tierra	kV	140
- A través de distancia de aislamiento	kV	160
Tensión soportada al impulso tipo rayo	-	-
- A tierra	kV	325
- A través de distancia de aislamiento	kV	375
Intensidad de corriente nominal	A	2500
Corriente nominal de corte en cortocircuito	kA	40
Corriente nominal de cierre en cortocircuito	kA	104
Duración nominal admisible del cortocircuito	s	3
Específicos del interruptor de potencia	-	-
- Tiempo de corte total	ms	≤60
- Tiempo de cierre	ms	≤70

TABLA 24 CARACTERÍSTICAS MÓDULO HÍBRIDO Y1

Características asignadas del interruptor automático

Parámetro	Unidad	Valor
Mecanismo accionado por resorte	–	FK 3-1
Secuencia operativa nominal del interruptor	–	O - 0,3 seg - CO - 3 min - CO
Respuesta operativa	–	CO - 15 seg - CO
Tensión de alimentación nominal	V _{cc} /V _{ca}	De 24 a 250
Temperatura ambiente de operación (con SF ₆ puro)	°C	De -60 a +40
Tiempo de apertura	ms	≤ 50
Tiempo de cierre	ms	≤ 70
Tiempo de cierre-apertura (CO)	ms	≤ 130

TABLA 25 CARACTERÍSTICAS ASIGNADAS DEL INTERRUPTOR AUTOMÁTICO

Características asignadas de los seccionadores combinados y puesta a tierra

Parámetro	Unidad	Valor
Accionamiento cuchillas principales	-	Motorizado
Accionamiento cuchillas puesta a tierra	-	Motorizado

TABLA 26 CARACTERÍSTICAS ASIGNADAS DE LOS SECCIONADORES COMBINADOS Y PUESTA A TIERRA

Características de los T.I.

Parámetro	Unidad	Valor
Tensión más elevada para el material	kV	72,5
Relación de transformación	A	400-800/5-5-5
Potencias y clases de precisión	-	-
1º Arrollamiento	VA / clase	30 VA cl.0,5 – 5P20
2º Arrollamiento	VA / clase	30 VA cl.5P20
3º Arrollamiento	VA / clase	30 VA cl.5P20

TABLA 27 CARACTERÍSTICAS ASIGNADAS DE LOS TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

7.3 Sistema de transformación

El sistema está constituido por dos transformadores de potencia con relación 66 kV/MT, cada uno con una potencia nominal de 16 MVA y equipados con regulación bajo carga para ajuste de tensión durante el servicio.

La conexión del punto neutro en el lado de media tensión se realiza a tierra a través de una resistencia limitadora de 12,7 Ω, con el objetivo de controlar la corriente de defecto a tierra en caso de fallo. Esta solución está en consonancia con lo establecido en el Apartado 4.2 del documento SRZ001 – Especificaciones Técnicas Particulares de Subestaciones AT/MT de e-distribución, relativo a los criterios de diseño de sistemas de puesta a tierra.



7.3.1 Transformadores

Como base para el diseño de los transformadores AT/MT que se instalarán en la subestación, se adoptarán los criterios establecidos en la norma EDE GST002, correspondiente a las especificaciones técnicas particulares del operador de red.

Se considerarán las potencias normalizadas definidas en dicha norma, concretamente: 16 MVA, 25 MVA, 40 MVA y 63 MVA.

Para el presente proyecto, se ha seleccionado una potencia nominal de 16 MVA por transformador, atendiendo a las necesidades de 26.16 MVA requeridos.

Se ha optado por la instalación de dos transformadores de potencia de 16 MVA cada uno, fabricados por Siemens, lo que proporciona una capacidad total instalada de 32 MVA en la subestación.

Tensión más alta para equipos U_m (rms) (kV)	Tensión nominal de corta duración soportada en frecuencia de potencia (rms) (kV)	Tensión nominal de resistencia al impulso del rayo (pico) (kV)
72,5	140	325

TABLA 28. TENSIONES PARA LA PARTE DE 66 kV

El transformador de potencia trifásico sumergido en aceite con cambiador de tomas bajo carga a 10/16MVA, HV ratio: de 72.5 a 145 kV, de la casa Siemens.

Con las siguientes características:

1. Ratio frecuencia: 50 Hz, rango de roscado $\pm 16\%$ en ± 9 pasos
2. Conexión del devanado de alta tensión: estrella
3. Conexión del devanado de BT: estrella
4. Método de enfriamiento: ONAN/ONAF

Se instalarán siempre muros cortafuegos para reducir el riesgo de incendio, salvo en aquellos casos en los que la distancia entre transformadores AT/MT, definida en la IE6C 61936-1, así lo permita.



FIGURA 26. TRANSFORMADOR SIEMENS DE 66/20 kV

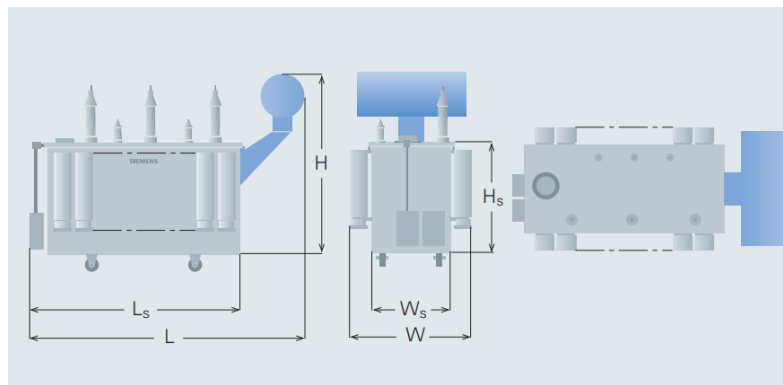


FIGURA 27 TRANSFORMADOR DE POTENCIA

Las características eléctricas del transformador:

Potencia nominal (MVA)		Sin carga pérdida (kW)	Pérdida de carga (kW)		Tensión de impedancia (%)	
ONAN	ONAF		ONAN	ONAF	ONAN	ONAF
10	16	13	42	108	9.6	15.4

TABLA 29. POTENCIA DEL TRANSFORMADOR

Las características mecánicas del transformador:

Dimensiones (mm)			Peso total (kg)	Peso aceite (kg)	Dimensiones de envío (mm)			Peso de envío incluido aceite (kg)
L	W	H			Ls	Ws	Hs	
6660	2650	4700	39000	12000	5200	1900	3000	35000

TABLA 30. DIMENSIONES Y PESO DEL TRANSFORMADOR

7.3.2 Resistencia de puesta a tierra de los neutros.

Para limitar la corriente de defecto a tierra, el lado de media tensión tendrá el neutro puesto a tierra a través de una resistencia de $12,7 \Omega$, limitando la corriente a 1000 A. El neutro del lado de AT estará rígidamente a tierra.

Se eligen los módulos de resistencia a tierra de la marca Hilkar



FIGURA 28 RESISTENCIA A TIERRA HILKAR

7.3.3 Embarrado de salida del transformador

El embarrado de media tensión (MT) que conecta los bornes de salida del transformador con las correspondientes celdas de media tensión será de tipo rígido, montado sobre aisladores soporte, y ejecutado mediante pletinas de cobre, garantizando la continuidad eléctrica y la resistencia mecánica del conjunto.

Esta configuración puede observarse en la Figura 31, donde se representa la disposición típica del embarrado entre transformador y celdas.

Se empleará un embarrado rígido con pletinas de cobre de la casa Bronmetal, con una longitud de 1.3 m, con las siguientes características:

Sección (mm ²)	Peso (kg)	N.º pletinas pintadas	Carga continua (A)	Wx (cm ³)	Jx (cm ⁴)
40x5	0,089	1	573	1,33	2,67

FIGURA 29. CARACTERÍSTICAS DEL EMBARRADO DE SALIDA DEL TRANSFORMADOR



FIGURA 30 PLETINA DE COBRE EMBARRADO

Fuente: Bronmetal



FIGURA 31 EMBARRADO TRANSFORMADOR MT

En el embarrado de media tensión del transformador, se emplearán aisladores rígidos tipo poste, uno por cada pletina conductora.

Se empleará el modelo POINSA C4-125. Con línea de fuga mínima según nivel de polución CEI 60815 (mm) tipo IV: 744.

Sus principales características mecánicas y físicas se detallan a continuación:

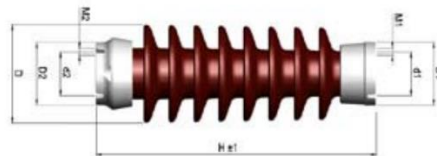


FIGURA 32. AISLADOR C4-125

Altura del aislador montado H (mm)	Diámetro máximo parte aislante D (mm)	Diámetro cara de apoyo del herraje D1 (mm)	Diámetro cara de apoyo del herraje D2 (mm)	Diámetro del círculo de fijación d1 (mm)	Diámetro del círculo de fijación d2 (mm)	Diámetro de la rosca M1 (mm)	Diámetro de la rosca M2 (mm)
305	215	108	108	76	76	M12	M12

TABLA 31. DIMENSIONES DEL AISLADOR C4-125

Mínima carga de rotura a Flexión (N)	Mínima carga de rotura a la Torsión (N)
4000	800

TABLA 32. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL AISLADOR C4-125

7.3.4 Autoválvulas 20 kV

Adicionalmente, se instalará un total de seis pararrayos en el lado de media tensión (MT) de los transformadores.

Esta medida se adopta conforme a lo establecido en el Apartado 7.2.1 del documento SRZ001 – Especificaciones Técnicas Particulares de Subestaciones AT/MT de Endesa Distribución Eléctrica, S.L.U., donde se definen los criterios de protección en salidas de transformador.

Serán montados sobre bastidor metálico adyacente a las bornas de salida de MT.

Los autoválvulas seleccionadas son de la casa INAEL. Se ha seleccionado un modelo de pararrayos para la subestación tipo ZS, que soporta los límites de tensión establecidos:

Tensión asignada U_r (kV eficaces)	Tensión Continua U_c (kV eficaces)	STT		Equivalente al frente de onda (kV cresta)	Máxima sobretensión de maniobra (kV cresta)	Tensión residual máxima (kV cresta) Usando una onda de corriente 8/20 μ seg
		1s (kV eficaces)	10s (kV eficaces)			10 kA 51
21	17	24,7	23,5	51,5	39,6	

TABLA 33. CARACTERÍSTICAS DE LA AUTOVÁLVULA DE 20 kV

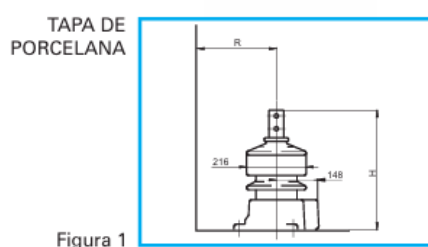


FIGURA 33. SECCIÓN DE LA AUTOVÁLVULA DE 20 kV

Referencia	Altura total H	Distancia en el aire	Peso neto	Separaciones mínimas	
				A **	R***
	mm	Mm	Kg	mm	mm
8110D0001J021	554	25.0	462	279	229

TABLA 34. CARACTERÍSTICAS DE LA AUTOVÁLVULA DE 20

7.4 Descripción del parque de media tensión (MT)

El sistema de Media Tensión (MT) de la subestación está diseñado con una configuración de celdas blindadas en topología de simple barra, lo que garantiza una distribución eficiente de la energía eléctrica.

Su composición, características específicas y disposición se describen en el Apartado 7.3 del documento SRZ001 Especificaciones Técnicas de Subestaciones AT/MT de e-distribución.

7.4.1 Edificio 20 kV

El edificio está diseñado para alojar la sala de control, los transformadores auxiliares y las celdas MT necesarias, con un total de 4 posiciones de celdas MT y espacio disponible para 2 más.

Dichas celdas estarán dispuestas en dos líneas y tendrá un foso de cables accesible. Este edificio es de tipo prefabricado, con un sistema estructural por pilares. El edificio presenta en su conjunto forma de prisma rectangular que constituye las diversas dependencias de las que se compone.

Las dimensiones en planta del conjunto del edificio serán de 18 x7 m. (medidas exteriores).

Existen las siguientes zonas diferenciadas:

a) Sala control y equipos. Se ubicará contigua a la sala de celdas de MT y tendrá unas dimensiones interiores aproximadas de 6,5 m × 7 m. En su interior se habilitarán dos cuartos independientes para los transformadores de servicios auxiliares (SSAA), adosados a la propia sala de celdas.

Además, alojará los cuadros y equipos de servicios auxiliares del edificio:

- Cuadro de SS.AA en corriente alterna.
- Cuadro de SS.AA en corriente continua.
- Dos rectificadores/cargadores de baterías a 125 V cc.
- Un rectificador/cargador de baterías a 48 V cc.
- El Sistema Integrado de Control y Protección (SICP) de la subestación.

b) Sala cabinas MT. Las dimensiones interiores en planta de esta sala son de 11 x 7 m.

7.4.2 Conductor 20 kV

Para la conexión entre las bornas de media tensión del transformador y su correspondiente celda, se emplearán dos ternas de cable X-VOLT RHZ1-OL 12/20 kV, 240 mm² Cu, dispuestas mediante tendido directamente enterrado a una profundidad de 1 metro, conforme a la ITC-RAT 07 y a las especificaciones técnicas de Endesa Distribución (Guía de Subestaciones AT/MT).



FIGURA 34 CABLE X-VOLT RHZ1-OL 12/20 kV

Sección (mm ²)	∅ Conductor (mm)	∅ Aislamiento (mm)	∅ Exterior (mm)	Peso (kg/km)	X (Ω/km a 50 Hz)	C (μF/km)	Intensidad máx. al aire (40 °C) (A)	Intensidad máx. enterrado (25 °C) (A)



1×240	18,0	30,4	45,5	2128	0,117	0,290	455	345
-------	------	------	------	------	-------	-------	-----	-----

TABLA 35 CARACTERÍSTICAS DEL CABLE 1×240 MM² 12/20 kV

El tendido eléctrico por el parque se ejecutará en zanja, conforme a los requisitos establecidos en la norma de referencia NFI006. Los cables serán instalados directamente enterrados, sin canalización protectora adicional, y dispondrán de una protección mediante arena tamizada.

7.4.3 Celdas MT

El sistema de MT está compuesto por las siguientes posiciones:

Seis (6) Posiciones de Línea/ (3) por transformador/ (2) reserva

Dos (2) Posiciones de Transformador / (1) por transformador

Dos (2) Posiciones de Batería de Condensadores BBCC/ (1) por transformador

Dos (2) Posiciones de Servicios Auxiliares / (1) por transformador

Una (1) Posición de Unión Longitudinal

Dos (2) Posiciones de Medida / (1) por transformador

Barras colectoras

Para ello se emplearán celdas CBGS-0 de la casa Mesa.



FIGURA 35 CELDAS CBGS-0 MESA.

Cada conjunto CBGS-0 se compone de diversas unidades funcionales (celdas) ensambladas entre sí. Cada unidad funcional contiene todos los elementos necesarios para realizar su función, mencionados

en el apartado anterior. Las diferentes celdas (unidades funcionales) están interconectadas mediante un sistema de embarrado con aislamiento sólido apantallado en el exterior de la cuba de SF₆. Las bandejas de los cables de conexión internos de Media Tensión se ubican en la parte superior de la celda, sobre el cajón de media tensión.

Esta disposición puede observarse en la Figura 36, donde se representa esquemáticamente la distribución interior de las celdas CBGS-0.



FIGURA 36 CELDA CBGS-0 MESA

Siendo las características eléctricas comunes a todas las celdas,

Tensión nominal	kV	24
Nivel de aislamiento nominal	kV rms - 1 min	50
	kV impulso 1.2/50 ms	125
Intensidad nominal (barras)	A	1250
Intensidad nominal (derivaciones)	A	630
Capacidad de interrupción	kA	25
Corriente corta duración admisible	kA 3 s	25

TABLA 36 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS CELDA MT

7.4.3.1 Posiciones de Línea

Composición:

- 1 Interruptor tripolar automático.
- 1 Seccionador tripolar de tres posiciones (conexión/desconexión a barra y puesta a tierra).

- 3 Transformadores de intensidad de fase toroidales con un secundario para protección.
- 1 Transformador de intensidad homopolar toroidal, con relación apropiada para la protección de neutro sensible.
- 3 Detectores monofásicos de presencia de tensión con indicadores luminosos de estado sólido.

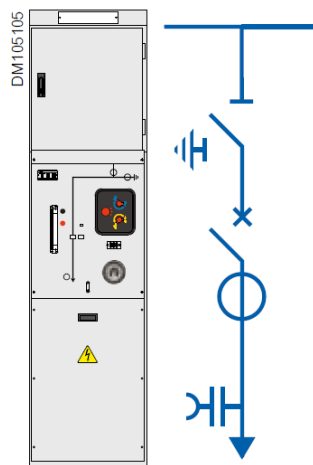


FIGURA 37 PROTECCIÓN DE LÍNEA

Las características físicas de la celda son:

Dimensiones		
Ancho (An)	mm	600
Altura (Al)	mm	2350
Profundidad (P)	mm	1400
Peso aproximado		
1250 A	kg	725

FIGURA 38 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS CELDAS

7.4.3.2 Posiciones de Transformador

Destinadas a la conexión del transformador de potencia con el embarrado de 20 kV.

Composición:

- 1 Interruptor tripolar automático.
- 1 Seccionador tripolar de tres posiciones (conexión/desconexión a barra y puesta a tierra).
- 3 Transformadores de tensión con un secundario de medida y protección, y otro exclusivamente para protección.
- 3 Transformadores de intensidad de fase toroidales, con tres secundarios (uno para medida y dos para protección).
- 3 Detectores monofásicos de presencia de tensión con indicadores luminosos de estado sólido.

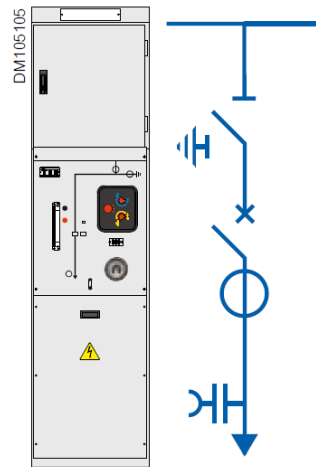


FIGURA 39 PROTECCIÓN DE TRANSFORMADOR

Las características físicas de la celda son:

Dimensiones		
Ancho (An)	mm	600
Altura (Al)	mm	2350
Profundidad (P)	mm	1400
Peso aproximado		
1250 A	kg	725

FIGURA 40 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS CELDA

7.4.3.3 Posiciones de Baterías de Condensadores (BBCC)

Composición:

- 1 Interruptor tripolar automático.
- 1 Seccionador tripolar de tres posiciones (conexión/desconexión a barra y puesta a tierra).
- 3 Transformadores de intensidad de fase toroidales para protección.
- 3 Detectores monofásicos de presencia de tensión con indicadores luminosos de estado sólido.

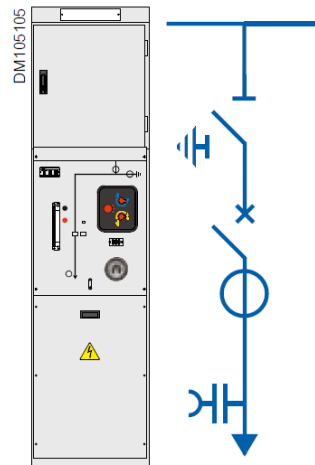


FIGURA 41 PROTECCIÓN DE CONDENSADORES

Las características físicas de la celda son:

Dimensiones		
Ancho (An)	mm	600
Altura (Al)	mm	2350
Profundidad (P)	mm	1400
Peso aproximado		
1250 A	kg	725

FIGURA 42 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS CELDA

7.4.3.4 Posiciones de Servicios Auxiliares (SSAA)

Suministran energía a los sistemas auxiliares de la subestación, como iluminación, sistemas de control y protecciones.

Composición:

- 1 Interruptor seccionador de apertura en carga por fusión de fusibles y cierre manual.
- 3 Fusibles de media tensión.
- 3 Transformadores de tensión, con un secundario de medida y protección, y otro exclusivamente para protección.
- 3 Detectores monofásicos de presencia de tensión con indicadores luminosos de estado sólido.

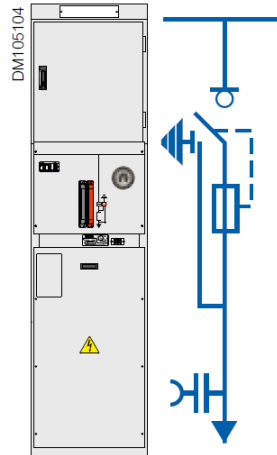


FIGURA 43 PROTECCIÓN SSAA

Las características físicas de la celda son:

Dimensiones		
Ancho (An)	mm	600
Altura (Al)	mm	2350
Profundidad (P)	mm	1250
Peso aproximado		
1250 A	kg	420

FIGURA 44 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS CELDA

7.4.3.5 Posición de Unión Longitudinal

Esta posición está distribuida en dos celdas, una en cada tramo de barra, permitiendo la continuidad del servicio y facilitando la operación en caso de mantenimiento o fallas.

Composición:

Celda Física 1:

- 1 Seccionador tripolar de tres posiciones (conexión/desconexión a barra y puesta a tierra).
- 1 Interruptor tripolar automático.

Celda Física 2:

- 1 Seccionador tripolar de tres posiciones (conexión/desconexión a barra y puesta a tierra).
- 3 Transformadores de tensión, con un secundario de medida y protección, y otro exclusivamente para protección.

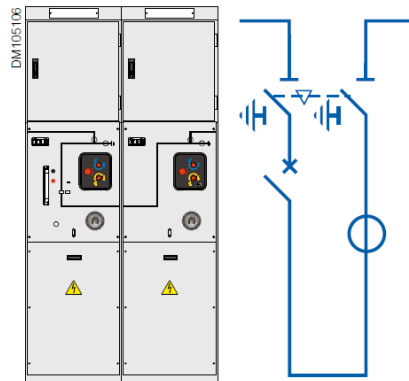


FIGURA 45 POSICIÓN DE UNIÓN LONGITUDINAL

Las características físicas de la celda son:

Dimensiones		
Ancho (An)	mm	1200
Altura (Al)	mm	2350
Profundidad (P)	mm	1400
Peso aproximado		
1250 A	kg	725+480 kg

FIGURA 46 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS CELDA

7.4.3.6 Posiciones de Medida

Diseñadas para albergar los equipos de medición de tensión y corriente, necesarios para el monitoreo y control del sistema eléctrico.

Composición:

- 3 Transformadores de tensión, con un secundario de medida o protección, y otro exclusivamente para protección.

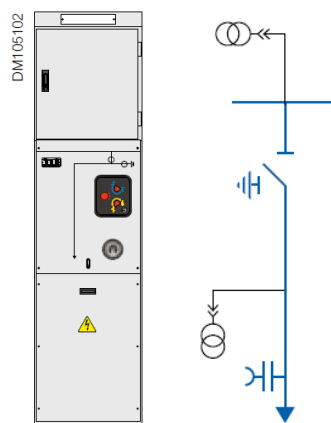


FIGURA 47 POSICIÓN MEDIDA

7.4.3.7 Barras Colectoras

El embarrado principal de la subestación está constituido por tres barras monofásicas. Cada barra está encapsulada individualmente y aislada mediante gas SF₆, formando parte del conjunto CBGS-0. Este sistema permite la conexión de todas las unidades funcionales a través de un embarrado trifásico integrado y blindado, con una intensidad nominal de 1600 A.

7.4.4 Batería de condensadores

Se instalará una batería de condensadores de 2.4 MVar por cada transformador de 16 MVA, garantizando una compensación adecuada de potencia reactiva y contribuyendo a la mejora del perfil de tensión en la red.

Se situarán en montaje exterior, al junto al edificio de 20 kV.

Se empleará el modelo BMFC3-066-120 de la casa circutor.



FIGURA 48 BATERÍA DE CONDENSADORES CIRCUTOR

La batería estará compuesta por:

- 18 condensadores monofásicos de 400 kVAr, aislados para 24 kV y montados sobre bastidores metálicos con aislamiento rígido.

Características Técnicas	
Norma	IEC 60871-1/2
Tensión	1 - 24 kV
Potencia	hasta 1000 kVAr
Frecuencia	50 - 60 Hz
BIL	Según Norma
Pérdidas	<0.15 W/kVAr
Temperatura	-50 +55°C
Líquido dieléctrico	Acete PXE, no PCB, no tóxico y biodegradable
Tensión residual	10% Un después 5 min.
Dieléctrico	Poliéster/epoxi alta pureza
Fusibles	Opcionales - Recomendable uso fusible interno para una tensión de red hasta 13,8kV - Recomendable uso fusible externo para una tensión de red a partir de 13,8kV
Altitud	1000 m.s.n.m. (Otras, consultar)
Sobretensión máx.	1.1 x Un, 12h al día (según IEC)
Sobreintensidad máx.	1.3 x In
Tolerancia de capacidad	-5 a +10%
Tensión ensayo (T.T)	4 x Un (10 seg.)
Descarga	75V, <10 minutos
Grado de protección	IP00
Terminales	Porcelana
Línea de fuga	A definn
Contenedor	Acero inoxidable
Uso	Interior/Exterior
Montaje	Horizontal/Vertical



FIGURA 49 BOTES CONDENSADORES

7.5 Sistema de servicios auxiliares

El sistema de servicios auxiliares estará situado en la sala de control dentro del edificio de MT y estará diseñado para proporcionar la energía necesaria para la operación de los equipos de control, protección e iluminación, y estará constituido por:

Servicios C.A

- Dos transformadores de servicios auxiliares de 250 kVA, MT/0,40 kV, para la alimentación de cargas en baja tensión.
La baja tensión resultante se derivará a un armario de Servicios Auxiliares (TSA). Las salidas del TSA se dirigirán al cuadro general de distribución en C.A.
- Dos sistemas de rectificador-baterías independientes de 125 V C.C, con una capacidad de 100 Ah, conectadas a un cuadro de distribución de C.C.

7.5.1 Transformadores de servicios auxiliares

Se instalarán dos transformadores de la casa Siemens, modelo TUMETIC, con una potencia nominal unitaria de 250 kVA.

Con las siguientes características:

Pn (kVA)	Tensión nominal AT (kV)	Tensión BT (kV)	Ucc (%)	Pérdidas en vacío (W)	Pérdidas con carga (W)	Nivel presión sonora (dB(A))	Nivel potencia sonora (dB)	Peso total (kg)	Dimensiones (L×W×H) (mm)
250	24	0,4	4	650	4200	49	65	900	1340 × 800 × 1620

TABLA 37. CARACTERÍSTICAS DE TUMETIC 250 kVA

- Derivaciones en AT: $\pm 2,5\%$ o $\pm 2 \times 2,5\%$
- Tipo de conexión:

- Bobinado AT: triángulo (Δ)
- Bobinado BT: estrella (Y)
- Sistema de refrigeración: ONAN (refrigeración natural con aceite y aire)
- Grado de protección: IP00

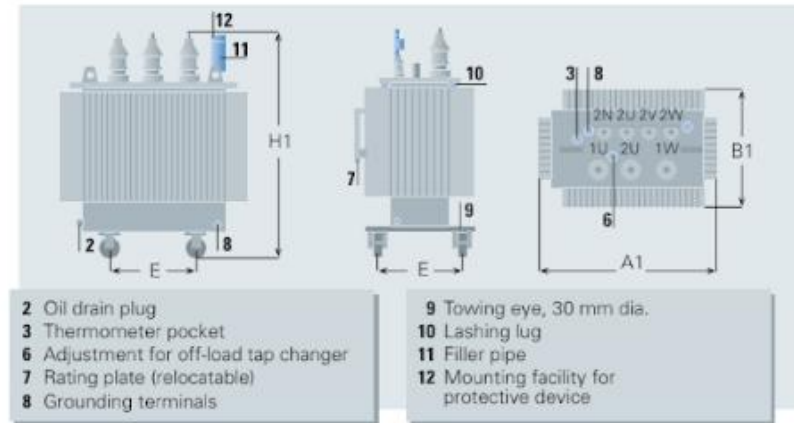


Fig. 24: TUMETIC distribution transformer (sealed tank)

FIGURA 50. SECCIÓN DEL TUMETIC 250 KVA

7.5.2 Módulo rectificador-batería CC

Los dos sistemas independientes de alimentación ininterrumpida (SAI) compuestos por rectificadores y baterías de 125 V C.C. con una capacidad de 100 Ah serán de la casa Recticur, con baterías de plomo ácido y rectificador modelo RAF Argos.



TABLA 38 MÓDULO RECTIFICADOR BATERÍA RECTICUR



7.6 Sistema de Puesta a Tierra

El sistema de puesta a tierra ha sido diseñado para asegurar la protección de las personas y equipos, derivar corrientes de fallo a tierra, así como para cumplir con los valores máximos permitidos establecidos en la instrucción técnica complementaria ITC-RAT 13.

7.6.1 Puesta a Tierra Inferior

La solución adoptada para el sistema de puesta a tierra en esta subestación consiste en la ejecución de una malla de cobre desnudo enterrada, dispuesta en forma de retícula de 2 metros x 2 metros y unida mediante soldaduras aluminotérmicas. Esta red de tierra se instalará a una profundidad de 0,8 metros en todo el perímetro de la instalación, prolongándose un metro fuera del cerramiento de la subestación, para mantener las tensiones de paso y contacto dentro de los límites establecidos en la ITC-RAT-13.

Las líneas de tierra que unen bastidores, envolventes, estructuras metálicas, equipos de aparamenta y armaduras de cimentaciones serán del mismo tipo de conductor que el empleado como electrodo de puesta a tierra.

La subestación presenta una superficie 60x50 m², bajo la cual se instalará una malla rectangular de conductor desnudo de 185 mm² de Cobre.

Con el fin de cumplir con la normativa se aumentará la resistividad superficial, instalándose una capa de gravilla de 0.1 metros con una resistividad de 3000 $\Omega \cdot m$.

El electrodo a emplear pertenece a INDECO y presenta las siguientes características:

Tipo: Cu DESNUDO

CALIBRE (mm ²)	N.º HILOS	D hilo (mm)	D conductor (mm)	PESO (Kg/Km)	BLANDO R. ELÉCTRICA (Ω /Km)
185	37	2.51	17.5	1650	0.189

TABLA 39. CARACTERÍSTICAS ELECTRODO



FIGURA 51. ELECTRODO DE INDEC

7.6.2 Puesta a Tierra Superior

Para la protección contra descargas atmosféricas, se instalará un sistema de puesta a tierra superior compuesto por pararrayos tipo Franklin ubicados estratégicamente en:

- El pórtico de amarre de las líneas.
- Estructuras próximas a los transformadores.

Este sistema garantizará una protección efectiva de los equipos eléctricos frente a descargas atmosféricas con un radio de actuación de 23.55 metros.



FIGURA 52 PUNTAS FRANLIN

7.7 Sistema de control y protección

Se implementará un Sistema Integrado de Control y Protección (SICP), compuesto por una unidad remota y un sistema de protección avanzado, de la casa Ingeteam. Este sistema garantizará las funciones de control local, telecontrol, protección y medición, permitiendo una operación eficiente y segura de la instalación.

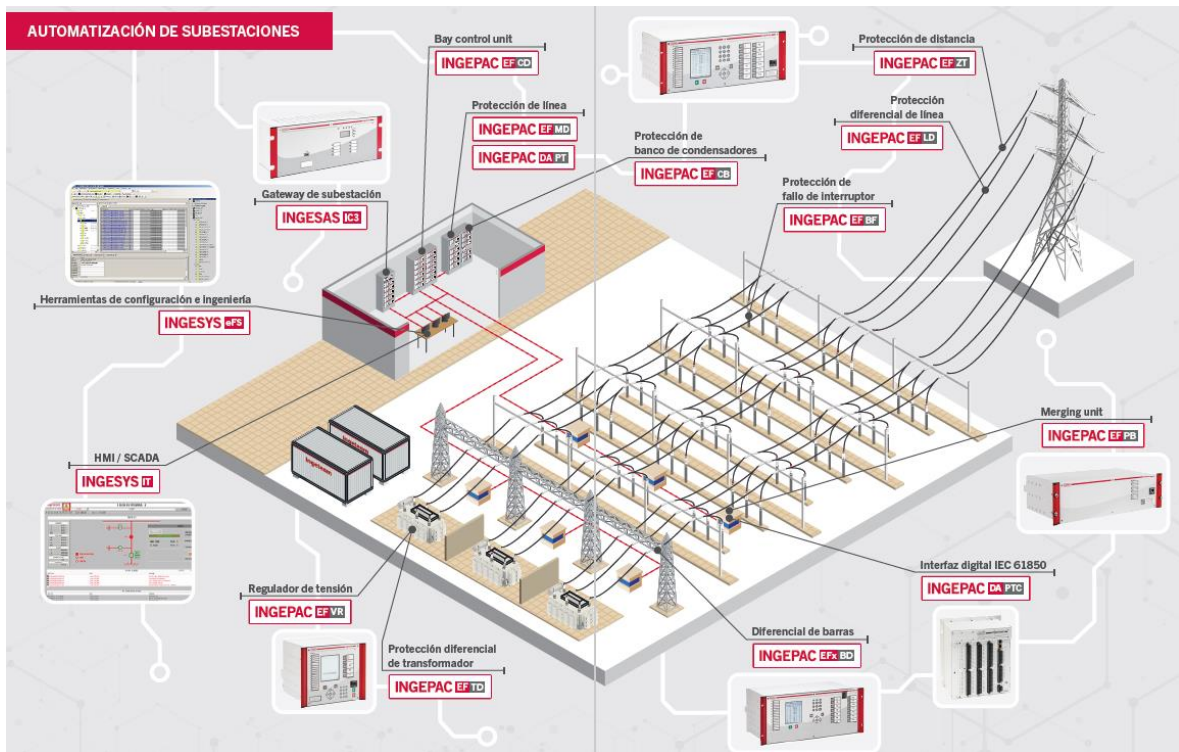


FIGURA 53 SISTEMA DE CONTROL Y PROTECCIÓN
FUENTE: INGATEAM

7.7.1 Protecciones eléctricas



FIGURA 54 CUADRO

Para las distintas posiciones, se elegirán los elementos de protección que cumplan con las funciones ANSI establecidas en la guía de Endesa.

-Posiciones AT:

• Circuitos

El relé multifunción seleccionado para la protección de las líneas de alta tensión, modelo INGEPAC™ EF-LD, cumple todas las funciones exigidas en la especificación SRZ001 de Endesa detalladas en el anexo.



FIGURA 55 INGEPAC™ EF-LD

El relé secundario seleccionado es el SIPROTEC 4 7SD52/53 de Siemens.

Fig. 7/42
SIPROTEC 4
7SD52/53 differential protection relay

FIGURA 56 SIPROTEC 4 7SD52/53

- Barras

El relé multifunción seleccionado para la protección de barras de alta tensión, modelo INGEPAC™ EF-MD, cumple todas las funciones exigidas en la especificación SRZ001 de Endesa detalladas en el anexo.



FIGURA 57 INGEPAC™ EF-MD

- Transformadores:

El relé multifunción seleccionado para la protección de la posición de transformador, modelo INGEPAC™ EF-TD, cumple todas las funciones exigidas en la especificación SRZ001 de Endesa detalladas en el anexo.



FIGURA 58 EL INGEPAC™ EF TD

Y como relé secundario Siemens 7UT6.



Figura 59. Siemens 7UT6

-Posiciones MT:

• Circuitos

El relé multifunción seleccionado para la protección de barras de alta tensión, modelo INGEPAC™ EF-LD, cumple todas las funciones exigidas en la especificación SRZ001 de Endesa detalladas en el anexo.



FIGURA 60 INGEPAC™ EF LD

• Medida y Acoplamiento

El relé multifunción seleccionado es el modelo INGEPAC™ EF-CD.

• Servicios Auxiliares

El relé multifunción seleccionado es modelo INGEPAC™ EF-MD.

• Batería de condensadores

El relé multifunción seleccionado es el modelo INGEPAC™ EF-CB

8. DESCRIPCIÓN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN MT

El presente apartado describe la configuración y características técnicas de la red de distribución en media tensión (MT) proyectada para garantizar el suministro eléctrico fiable y seguro a las distintas parcelas del Polígono Industrial Asegra, conforme a los criterios establecidos en el Proyecto Tipo DYZ10000 – Líneas Subterráneas de Media Tensión.

8.1 Anillos de distribución

Se precisa el suministro de energía a una tensión de 20 kV, con una potencia de diseño de 26.16 MVA, considerando un f.d.p de 0.85.

Se han diseñado dos anillos de bucle autosuficiente, formados cada uno por dos líneas de salida de la SET 20kV.

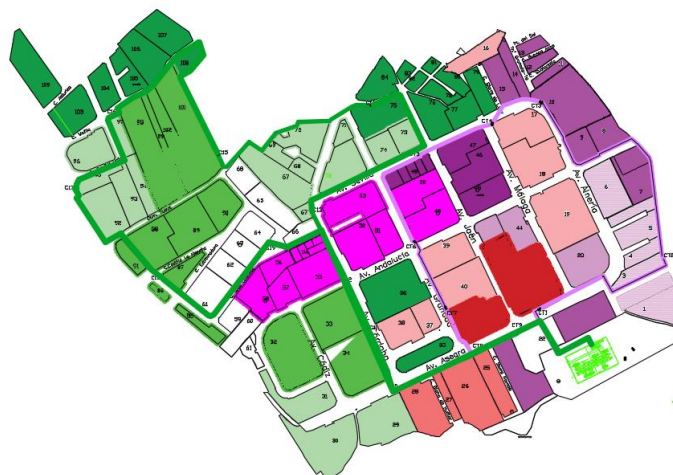


FIGURA 61 ANILLOS DISTRIBUCIÓN

ANILLO	ANILLO 1	ANILLO 2
POTENCIA MVA	12,820	13,34
PARCELAS	1 A 28 Y 37 A 58	29 A 36 Y 59 A 109
Nº CT	9	10
Nº TOTAL CT	19	

8.1.1 Línea subterránea de MT

Características Técnicas Generales

Las líneas principales deberán tener una sección uniforme, seleccionada en función de las condiciones de carga previstas.

- La instalación de cables se realizará mediante tubería directamente enterrada o hormigonada, según corresponda.
- El trazado de las líneas deberá respetar en todo momento las distancias mínimas reglamentarias establecidas en la ITC-LAT 06, así como aquellas que impongan otros organismos competentes o empresas de servicios afectadas por la obra.
- En zonas urbanizadas, el trazado de la red subterránea de media tensión se dispondrá preferentemente bajo las aceras. En caso de saturación de servicios en estas, se podrá ubicar excepcionalmente en la calzada.
- El recorrido se proyectará con un diseño lo más rectilíneo posible, siguiendo líneas paralelas a bordillos o alineaciones de fachada de los edificios principales. Se evitarán, en la medida de lo posible, los cambios bruscos de dirección o trazados con ángulos cerrados, con el fin de facilitar la instalación, minimizar esfuerzos mecánicos sobre los cables y simplificar futuras intervenciones o mantenimientos.

8.1.1.1 Cable de MT

Para la distribución en media tensión (20 kV) entre la subestación y los distintos centros de transformación del polígono, se ha seleccionado el cable RHZ1-OL H16, fabricado con conductor de aluminio de 400 mm² de sección, aislamiento HERSATENE® Class,

CLASIFICACIÓN CPR:

DOP 0015 Rev.001
Clase F_{ca}

CONSTRUCCIÓN:

- 1. CONDUCTOR**
Aluminio clase 2 según IEC 60228.
- 2. PANTALLA SOBRE CONDUCTOR**
Semiconductor extruido.
- 3. AISLAMIENTO**
Polietileno reticulado, tipo XLPE.
- 4. PANTALLA SOBRE AISLAMIENTO**
Semiconductor extruido.
- 5. PANTALLA METÁLICA**
Hilos de cobre.
Obturación longitudinal con cinta hinchable.
- 6. CUBIERTA EXTERNA**
Polietileno (PE)



FIGURA 62 EL CABLE RHZ1-OL H1



Código de General Cable	Sección (mm ²)	Diámetro sobre aislamiento ⁽¹⁾ (mm)	Diámetro exterior ⁽¹⁾ (mm)	Peso ⁽¹⁾ (kg/km)	Radio mínimo de curvatura ⁽¹⁾ (mm)	Inten-sidades admisibles al aire ⁽²⁾ (A)	Inten-sidades admisibles enterra-dos ⁽²⁾ (A)	Rc.c. a 20 °C (0hm/km)	Rc.a. a 90 °C, 50 Hz (0hm/km)	Inductan-cia (mH/km)	Reactancia a 50 Hz (0hm/km)	Capacidad (µF/km)
1282122	400	35,0	44,3	2.230	660	610	445	0,0778	0,102	0,322	0,101	0,346

FIGURA 63 CARACTERÍSTICAS CABLE RHZ1-OL H1

8.1.1.2 Canalizaciones

La canalización subterránea de MT se efectuará en cuenta las siguientes consideraciones:

- La canalización por el polígono será bajo tubo directamente enterrado.
- El número de tubos de una canalización dependerá del tramo de canalización del proyecto, siendo tres tubos en los que discurren desde la salida de la SET hasta el inicio del anillo, y dos tubos en los que discurre la línea solo.
- No se instalará más de una línea por tubo.
- Se dejará un tubo de reserva en cada zanja.
- La canalización se efectuará en tubos de polietileno de 200 mm de diámetro.



FIGURA 64 TUBO PE D200

- En los cruces de calzada y acceso a garajes los cables se instalarán en canalizaciones entubadas hormigonadas.
- Se contará con tubos de control para telecomunicaciones.

8.1.1.3 Arquetas

De acuerdo con los criterios técnicos establecidos en la norma UNE 20435-2 y en el pliego de prescripciones técnicas particulares de la compañía distribuidora (como el documento ENDESA

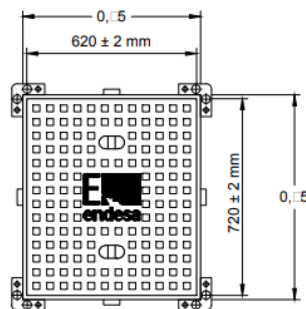
DND00100 y el proyecto tipo DYZ10000), la instalación de arquetas en canalizaciones subterráneas de media tensión debe garantizar el correcto tendido, registro y mantenimiento de los cables.

Por tanto, se establece que:

- La distancia máxima entre arquetas en tramos rectos no debe superar los 100 metros, con el fin de evitar esfuerzos excesivos durante el tendido del cable y permitir la intervención en caso de avería.
- Asimismo, se instalarán arquetas en los siguientes puntos específicos del trazado:
 - Cambios de dirección o de nivel.
 - Cruces de calzada o viales.
 - Accesos a centros de transformación.
 - Puntos de empalme o derivación de la línea.

Necesidad	Tipo de arqueta recomendado
Paso recto sin intervención posterior	A1 Ciega
Cambio de dirección sin necesidad de acceso	A2 Ciega (Cambio de sentido)
Registro en línea recta (para mantenimiento)	A1 Registrable
Registro en curva o cambio de sentido	A2 Registrable (Cambio o Alineación)

PLANTA TAPA DE FUNDICIÓN
PARA ARQUETAS TIPO A1



PLANTA TAPA DE FUNDICIÓN
PARA ARQUETAS TIPO A2

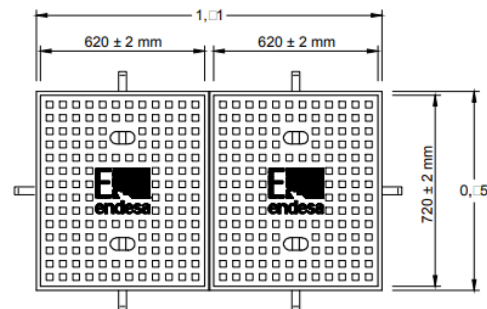


FIGURA 65 ARQUETA

8.1.1.4 Puesta a tierra

Para la puesta a tierra de las pantallas metálicas de los cables de media tensión, se ha adoptado un sistema de conexión directa a tierra del tipo solid bonding, conforme a las recomendaciones de e-distribución y a lo establecido en la ITC-RAT 07.

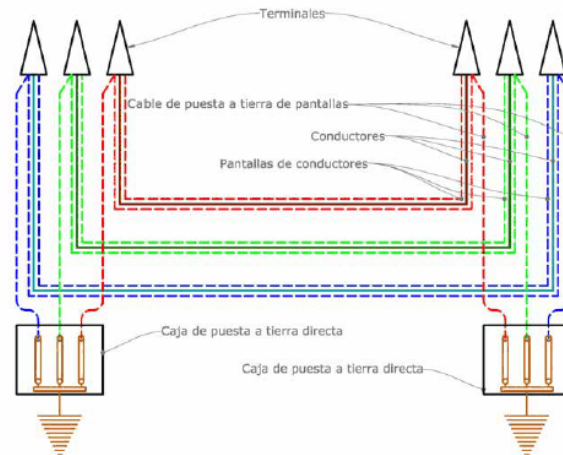


FIGURA 66 SOLID BONDING

Este sistema consiste en conectar eléctricamente las pantallas de los tres conductores a tierra en ambos extremos del tramo de cable, mediante cajas de puesta a tierra directa



FIGURA 67CAJA PUESTA A TIERRA PSISTERER



9. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

Este apartado describe la distribución de los centros de transformación (CTs) necesarios para alimentar las distintas parcelas del Polígono Industrial Asegra, partiendo de los anillos de media tensión proyectados desde la subestación 66/20 kV.

9.1 Distribución Cts

Tipo CT	Nº E/S	Nº trafos	Pot por trafo (KVA)	Pot por CT(KVA)	Nº TOTAL CT
COMPAÑÍA	2	2	630	1260	16
COMPAÑÍA	2	2	1000	2000	3

ANILLO 1

Nº	Nombre del CT	Coordenadas UTM (X, Y)	Término Municipal	Dirección	Potencia (kVA)	Tipo de CT
1	CT 1	444564.8034, 4119935.9263	Peligros	Parcela 3	1260	Prefabricado PFU.5/20
2	CT 2	444805.5649, 4120036.9583	Peligros	Parcela 42	1260	Prefabricado PFU.5/20
3	CT 3	444570.1270, 4120336.2922	Peligros	Parcela 10	2000	Prefabricado PFU.5/20
4	CT 4	444474.6070, 4120296.2002	Peligros	Parcela 17	1260	Prefabricado PFU.5/20
5	CT 5	444333.4068, 4120228.6368	Peligros	Parcela 48	1260	Prefabricado PFU.5/20
6	CT 6	444324.1895, 4120066.1535	Peligros	Parcela 49	2000	Prefabricado PFU.5/20
7	CT 7	444384.2091, 4119940.3601	Peligros	Parcela 40	1260	Prefabricado PFU.5/20
8	CT 8	444445.9929, 4119854.7322	Peligros	Parcela 25	1260	Prefabricado PFU.5/20
9	CT 9	444526.5752, 4119892.9575	Peligros	Parcela 22	1260	Prefabricado PFU.5/20

FIGURA 68 CTS ALIMENTADOS ANILLO 1

ANILLO 2

Nº	Nombre del CT	Coordenadas UTM (X, Y)	Término Municipal	Dirección	Potencia (kVA)	Tipo de CT
10	CT 10	444283.9653, 4119776.7976	Peligros	Parcela 3	1260	Prefabricado PFU.5/20
11	CT 11	444234.7949, 4119897.4741	Peligros	Parcela 34	1260	Prefabricado PFU.5/20
12	CT 12	444197.9211, 4119979.2440	Peligros	Parcela 55	1260	Prefabricado PFU.5/20
13	CT 13	444125.0480, 4120126.0136	Peligros	Parcela 67	1260	Prefabricado PFU.5/20

14	CT 14	444240.1713, 4120330.6586	Peligros	Parcela 75	1260	Prefabricado PFU.5/20
15	CT 15	443941.7261, 4120238.2362	Peligros	Parcela 100	1260	Prefabricado PFU.5/20
16	CT 16	443748.8730, 4120322.0252	Peligros	Parcela 98	2000	Prefabricado PFU.5/20
17	CT 17	443669.7415, 4120175.6224	Peligros	Parcela 95	1260	Prefabricado PFU.5/20
18	CT 18	443834.7473, 4119997.6887	Peligros	Parcela 87	1260	Prefabricado PFU.5/20
19	CT 19	444041.6560, 4120065.5431	Peligros	Parcela 64	1260	Prefabricado PFU.5/20

FIGURA 69 CTS ALIMENTADOS ANILLO 2

9.2 Edificio de transformación

Edificio de Transformación: pfu.5/20.

Dimensiones exteriores		Dimensiones interiores		Dimensiones excavación	
Longitud	6080 mm	Longitud	5900mm	Longitud	6880mm
Fondo	2380 mm	Fondo	2200 mm	Fondo	3180 mm
Altura total	3045 mm	Altura	2355 mm	Profundidad	560 mm

FIGURA 70 DIMENSIONES



FIGURA 71 EDIFICIO PFU.5/20



Los edificios tipo PFU destinados a centros de transformación prefabricados, con instalación en superficie y maniobra interior, se ejecutan como casetas compactas de hormigón armado, con estructura monobloque. En su interior se integran todos los elementos eléctricos necesarios para el funcionamiento del centro: celdas de media tensión, transformadores, cuadros de baja tensión, dispositivos de control, protecciones y las correspondientes interconexiones entre equipos. Esta solución permite un montaje industrializado, seguro y de rápida implantación en obra.

9.3. Celdas MT

Características eléctricas celdas

Tensión asignada	Ur	24 kV
Frecuencia asignada	fr	50 Hz
Corriente asignada (embarrado y línea)	Ir	630 A
Tensión asignada de corta duración soportada	Ud	50 kV (Entre fases y tierra) 60 kV (A través de la distancia de seccionamiento)
Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo	Up	125 kV (Entre fases y tierra)1 25 kV (A través de la distancia de seccionamiento)
Intensidad de corta duración (1 s), cresta:		40 kA
Clasificación arco interno	IAC	AFL 16 kA 1 s

FIGURA 72 CARACTERÍSTICAS CELDAS

- Entrada / Salida 1: cgmcosmos-1 Interruptor-seccionador (2 por CT)

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL , formada por un módulo con las siguientes características:

Módulo metálico con aislamiento y corte en gas SF6 de acuerdo a la normativa UNE-EN 62271-200, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables.

- Características físicas:

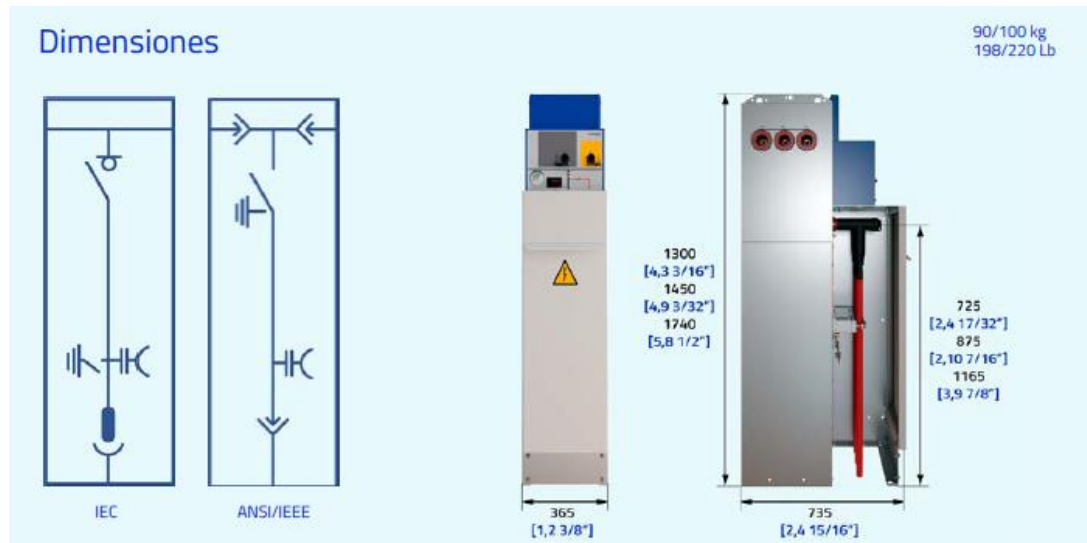


FIGURA 73 CGM COSMOS-L

- Otras características constructivas :

- Mecanismo de maniobra interruptor: motorizado tipo BM
- Protección Transformador: cgmcosmos-p Protección fusibles (2 por CT)

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda cgmcosmos-p de protección con fusibles, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados o asociados a ese interruptor.

- Características eléctricas:

- Intensidad fusibles: 3x50 A

- Características físicas:

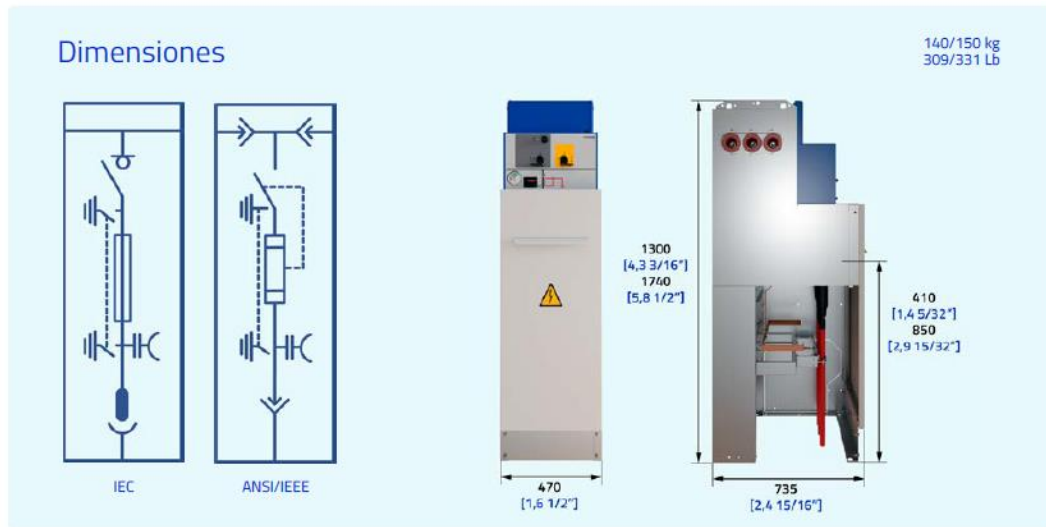


FIGURA 74 CGM COSMOS-P

- Otras características constructivas:

- Mando posición con fusibles: manual tipo BR
- Combinación interruptor-fusibles: combinados

Transformador: transformador aceite 24 kV (2 por CT)

Transformador trifásico reductor de tensión de marca ORMAZABAL, con neutro accesible en el secundario, de potencias 630 kVA y 1000 kVA, refrigeración natural aceite, de tensión primaria 20 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2).

- Otras características constructivas:

Regulación en el primario	+/- 2,5%, +/- 5%, +10%
Tensión de cortocircuito (Ecc)	4%/ 6%
Grupo de conexión	Dyn11

- Protección incorporada al transformador: Termómetro



FIGURA 75 TRANSFORMADOR: TRANSFORMADOR ACEITE 24 kV

- Interconexiones de MT:
 - Puentes MT Transformador : Cables MT 12/20 kV

Cables MT 12/20 kV del tipo RH5Z1, unipolares, con conductores de sección y material 1x95 Al.

La conexión al transformador se realiza mediante un conector EUROMOLD de 24 kV, tipo plug-in acodado, modelo K158LR. En el extremo correspondiente a la celda, se emplea un conector EUROMOLD de 24 kV, tipo plug-in recto, modelo K152SR.

- Interconexiones de BT:
 - Puentes BT - B2 Transformador 1: Puentes transformador-cuadro

Juego de puentes de cables de BT, de sección y material 0,6/1 kV tipo RZ1 de 1x240Al sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 4xfase + 2xneutro.

- Puentes BT - B2 Transformador 2: Puentes transformador-cuadro

Juego de puentes de cables de BT, de sección y material 0,6/1 kV tipo RZ1 de 1x240Al sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 4xfase + 2xneutro.



9.4. Puesta a tierra

9.4.1 Tierra de protección

Todas las partes metálicas no activas (celdas, cuadros BT, carcasas, armaduras del edificio, etc.) estarán conectadas a la red de tierra de protección. No se conectarán las partes accesibles desde el exterior, como rejillas o puertas metálicas .

La configuración adecuada para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 70/25/5/42
- Geometría del sistema: Anillo rectangular
- Distancia de la red: 7.0x2.5 m
- Profundidad del electrodo horizontal: 0,5 m
- Número de picas: cuatro
- Longitud de las picas: 2 metros

9.4.2 Tierra de servicio

El neutro del sistema de baja tensión se conectará a una toma de tierra separada de la red de MT, mediante cable de cobre aislado, con el fin de evitar tensiones peligrosas en caso de defecto en la red de media tensión.

Las características del sistema de tierras de servicio son las siguientes:

- Identificación: 5/22 (según método UNESA)
- Geometría: Picas alineadas
- Número de picas: dos
- Longitud entre picas: 2 metros
- Profundidad de las picas: 0,5 m



(Esta hoja se ha dejado en blanco intencionadamente)



ANEXO CÁLCULO



(Esta hoja se ha dejado en blanco intencionadamente)



ÍNDICE

1. Previsión de cargas.....	93
1.1 Potencia diseño.....	96
1.2 Potencia SET.....	96
2. Niveles de aislamiento e intensidad de cortocircuito	97
2.1 Intensidad de cortocircuito	97
2.1.1 Cálculo de corrientes de cortocircuito trifásico.....	97
2.1.1 Configuración neutro transformador	99
2.1.2 Cálculo de corrientes de cortocircuito monofásico	101
2.2 Niveles	103
3. Distancias	104
3.1 Distancia de seguridad	104
3.1.1 Distancia pasillos.....	104
3.1.2 Altura.....	105
3.1.3 Distancias de seguridad en zonas de circulación de maquinaria.....	106
3.1.4 Distancia entre elementos activos y vallado.....	106
3.1.5 Distancia en el interior recinto	107
3.1.6 Distancias de peligro y proximidad según RD 614/2001	107
4. Parque Alta tensión	108
4.1 Embarrado de 66 kV	108
4.1.1 Sección de acuerdo con la intensidad nominal.....	109
4.1.2 Sección de acuerdo con la hipótesis de esfuerzos térmicos	109
4.1.3 Distancia de separación mínimas	110
4.1.4 Sección debido a esfuerzos electrodinámicos	111
4.1.4.1 Esfuerzo electrodinámico	111
4.1.4.2 Momento flector.....	111
4.1.5 Aisladores embarrado.....	114
4.2 Conexiones entre aparamenta.....	118
4.2.1 Sección de acuerdo intensidad nominal	118



4.2.2	Sección de acuerdo con la hipótesis de esfuerzos térmicos	119
4.2.3	Comprobación densidad de corriente	119
4.3	Equipos 66 kV	120
4.3.1	Cálculo de la Intensidad Nominal Primaria	121
4.3.2	Poder de ruptura o desconexión	121
4.3.3	Poder de conexión	121
4.4	Módulo híbrido.....	121
4.5	Autoválvulas de 66 kV	122
4.5.1	Corriente nominal (I_n) y clase de descarga de la línea.	122
4.5.2	Línea de fuga.....	124
4.5.3	Tensión de servicio continuo.....	124
4.5.4	Tensión asignada U_r	125
4.5.5	Comprobación del nivel de sobretensiones	125
4.5.6	Comprobación del margen de protección y factores de seguridad.....	126
4.5.7	Distancia de protección	127
4.6	Transformador de medida de 66 kV	127
4.6.1	Transformador de tensión.....	127
4.6.2	Transformador de intensidad	128
4.7	Aisladores soporte	129
4.7.1	Características eléctricas y línea de fuga:.....	129
4.7.2	Esfuerzo soportado por la cadena de aisladores.....	129
5.	Parque 20 kV.....	130
5.3	Características eléctricas	131
5.3.1	Cálculo de la Intensidad Nominal Secundaria.....	131
5.3.2	Cálculo de la Intensidad Nominal Celda.....	131
5.3.3	Poder de ruptura o desconexión	132
5.3.4	Poder de conexión	132
5.4	Aparamenta MT	132
5.5	Embarrado de salida del transformador.....	132
5.5.1	Sección de acuerdo con la intensidad nominal.....	132
5.5.2	Cálculo de la sección por esfuerzos térmicos.....	133
5.5.3	Distancia de separación mínimas	133



5.5.4. Sección por esfuerzos electrodinámicos.....	133
5.5.5 Cálculo de las cadenas de aisladores.....	134
5.6. Conductor para conexión entre bornas MT del Transformador y embarrado celda.....	135
5.6.1 Sección régimen permanente.....	135
5.6.2 Intensidad máxima admisible para el cable en cortocircuito.....	137
5.7 Conductor para conexión de salidas de Línea, Batería de Condensadores y Reactancias ...	138
5.8 Autoválvulas de 20 kV.....	138
5.8.1 Corriente nominal (I_n) y clase de descarga de la línea.....	139
5.8.2 Línea de fuga.....	140
5.8.3 Tensión de servicio continuo.....	140
5.8.4 Tensión asignada U_r	140
5.8.5 Comprobación del nivel de sobretensiones.....	141
5.9.6 Comprobación del margen de protección y factores de seguridad.....	142
5.9.7. Distancia de protección.....	142
5.9 Baterías de condensador MT.....	143
6. Sistemas de servicios auxiliares.....	143
6.1 Conductor parar conexión de Servicios Auxiliares.....	144
6.2 Servicios auxiliares de corriente alterna.....	144
6.3 Servicios auxiliares de corriente continua.....	145
7. Puesta a tierra.....	145
7.1 Cálculo tierras inferiores.....	145
7.1.1 Estimación de la resistividad.....	145
7.1.2 Resistividad superficial.....	146
7.1.3 Procedimiento de diseño.....	147
7.1.4 Dimensionado de la malla.....	147
7.1.5 Dimensionamiento de conductores de línea de tierra.....	147
7.1.6 Dimensionamiento de conductores de malla.....	148
7.1.7 Resistencia de tierra.....	149
7.1.8 Corriente de defecto a tierra.....	149
7.1.9 Tensión de paso y de contacto.....	151
7.1.10 Criterios de tensiones de paso y de contacto tolerables.....	151



7.1.11 Valores máximos admisibles	151
7.1.12 Valores reales de tensión	152
7.1.13 Comprobación	153
7.2 Red de tierra superior	154
7.2.1 Cálculo de impedancia equivalente.....	154
8. Sistema protección y control	156
8.1 Arquitectura del SICP.....	156
8.2 Nivel de Instalación.....	156
8.3 Nivel de Posición	158
8.3.1. Funciones protectivas y relés	159
8.4 Nivel de proceso.....	173
8.5 Redes de comunicación.....	174
8.6 Armarios metálicos para SICP.....	174
9. Cimentaciones	174
9.1 Método de cálculo por Sulzberger.....	174
9.1.1 Momento de vuelco.....	175
9.1.2 Momentos estabilizadores.....	176
9.2 Pórtico	178
9.3 Autoválvulas.....	183
9.4 Aisladores.....	185
9.5 Transformador de tensión.....	186
9.6 Módulo híbrido Y1	188
9.7 Embarrado principal 66 kV	189
9.8 Punta Franklin.....	191
9.9 Seguridad al deslizamiento.....	191
10. Anillos de distribución	192
10.1 Red de 20 kV.....	192
10.2 Potencia Anillo	193
10.2.1 Distribución CT anillo.....	193
10.3 Líneas Subterráneas de Media Tensión (LSMT).....	197
10.3.1 Conductor anillos Media Tensión.....	197



11. Centros de transformación	217
11.1 Intensidad de Media Tensión.....	217
11.2 Intensidad de Baja Tensión.....	217
11.3 Cortocircuitos	218
11.4 Dimensionado del embarrado.....	219
11.5 Dimensionado del pozo apagafuegos	220



(Esta hoja se ha dejado en blanco intencionadamente)



1. Previsión de cargas

La previsión de carga del polígono se ha realizado conforme a los criterios establecidos en la Instrucción de 14 de octubre de 2004 de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, relativa a previsión de cargas eléctricas y coeficientes de simultaneidad aplicables a zonas de uso residencial e industrial.

Como criterio, se asignarán potencias mínimas por parcela en función de su superficie total, tal y como se indica en la normativa mencionada.

Superficie parcela (m ²)	Potencia prevista mínima (kw)
$S \leq 300$	15
$300 < S \leq 1000$	$15 + 0,05 (S-300)$
$1000 < S$	$0,05 S$

FIGURA 76 POTENCIA MÍNIMA A INSTALAR

Se establecerá una potencia de 50W/m², independientemente de la superficie de la parcela de estudio.

PARCELAS	SUPERFICIE	POTENCIA MW
PARCELA 1	4.541,480	0,227
PARCELA 2	3.030,344	0,152
PARCELA 3	2.748,730	0,137
PARCELA 4	2.108,303	0,105
PARCELA 5	3.629,153	0,181
PARCELA 6	6.230,000	0,312
PARCELA 7	7.465,000	0,373
PARCELA 8	3.555,000	0,178
PARCELA 9	3.006,020	0,150
PARCELA 10	11.219,800	0,561
PARCELA 11	1.433,240	0,072
PARCELA 12	1.443,950	0,072
PARCELA 13	1.384,050	0,069
PARCELA 14	2.486,160	0,124
PARCELA 15	2.487,000	0,124
PARCELA 16	3.828,000	0,191
PARCELA 17	5.868,000	0,293
PARCELA 18	7.737,000	0,387
PARCELA 19	1.610,300	0,081
PARCELA 20	6.863,300	0,343
PARCELA 21	6.345,000	0,317
PARCELA 22	6.208,000	0,310
PARCELA 23	7.200,000	0,360
PARCELA 24	3.170,000	0,159
PARCELA 25	4.400,000	0,220
PARCELA 26	9.600,000	0,480



PARCELA 27	1.740,000	0,087
PARCELA 28	6.700,000	0,335
PARCELA 29	8.086,000	0,404
PARCELA 30	10.303,000	0,515
PARCELA 31	6.004,000	0,300
PARCELA 32	10.500,000	0,525
PARCELA 33	9.000,000	0,450
PARCELA 34	9.700,000	0,485
PARCELA 35	3.410,000	0,171
PARCELA 36	10.000,000	0,500
PARCELA 37	2.500,000	0,125
PARCELA 38	4.302,000	0,215
PARCELA 39	5.609,000	0,280
PARCELA 40	7.800,000	0,390
PARCELA 41	6.130,000	0,307
PARCELA 42	5.770,000	0,289
PARCELA 43	7.015,000	0,351
PARCELA 44	6.432,000	0,322
PARCELA 45	4.653,000	0,233
PARCELA 46	5.336,000	0,267
PARCELA 47	4.386,000	0,219
PARCELA 48	3.370,000	0,169
PARCELA 49	6.215,000	0,311

PARCELA 50	5.083,000	0,254
PARCELA 51	3.606,000	0,180
PARCELA 52	5.914,000	0,296
PARCELA 53	6.818,000	0,341
PARCELA 54	1.880,000	0,094
PARCELA 55	6.073,000	0,304
PARCELA 56	2.300,000	0,115
PARCELA 57	2.938,000	0,147
PARCELA 58	4.064,000	0,203
PARCELA 59	2.300,000	0,115
PARCELA 60	2.835,000	0,142
PARCELA 61	4.700,000	0,235
PARCELA 62	3.007,000	0,150
PARCELA 63	3.007,000	0,150
PARCELA 64	3.177,000	0,159
PARCELA 65	4.478,000	0,224
PARCELA 66	1.709,000	0,085
PARCELA 67	7.400,000	0,370
PARCELA 68	1.441,000	0,072
PARCELA 69	1.465,000	0,073
PARCELA 70	4.440,000	0,222
PARCELA 71	1.110,000	0,056
PARCELA 72	5.300,000	0,265



PARCELA 73	2.700,000	0,135
PARCELA 74	2.800,000	0,140
PARCELA 75	5.700,000	0,285
PARCELA 76	4.400,000	0,220
PARCELA 77	3.110,000	0,156
PARCELA 78	1.900,000	0,095
PARCELA 79	2.800,000	0,140
PARCELA 80	1.816,000	0,091
PARCELA 81	670,000	0,034
PARCELA 82	980,000	0,049
PARCELA 83	880,000	0,044
PARCELA 84	4.000,000	0,200
PARCELA 85	1.700,000	0,085
PARCELA 86	500,000	0,025
PARCELA 87	2.300,000	0,115
PARCELA 88	6.051,000	0,303
PARCELA 89	7.000,000	0,350
PARCELA 90	4.900,000	0,245
PARCELA 91	1.610,000	0,081

PARCELA 92	6.400,000	0,320
PARCELA 93	4.302,000	0,215
PARCELA 94	3.000,000	0,150
PARCELA 95	2.300,000	0,115
PARCELA 96	5.000,000	0,250
PARCELA 97	2.200,000	0,110
PARCELA 98	10.700,00	0,535
PARCELA 99	2.700,000	0,135
PARCELA 100	2.050,000	0,103
PARCELA 101	7.300,000	0,365
PARCELA 102	3.300,000	0,165
PARCELA 103	5.400,000	0,270
PARCELA 104	3.300,000	0,165
PARCELA 105	3.300,000	0,165
PARCELA 106	5.600,000	0,280
PARCELA 107	5.300,000	0,265
PARCELA 108	2.000,000	0,100
PARCELA 109	7.000,000	0,350

TABLA 40 PREVISIÓN DE CARGAS

De manera que, la potencia demandada por el polígono,

$$P_{polígono} = \sum P_{parcelas}$$

Lo que da lugar a una potencia de 24,3286415 MW.



1.1 Potencia diseño

Respecto al dimensionamiento de potencia de la subestación, se ha seguido lo establecido en la Instrucción de 14 de octubre de 2004, emitida por la Dirección General de Industria, Energía y Minas, relativa a la estimación de cargas eléctricas y aplicación de coeficientes de simultaneidad en zonas residenciales e industriales.

Dicha instrucción establece que la potencia a considerar por cada transformador de una subestación AT/MT debe calcularse aplicando un coeficiente de simultaneidad de 0,85.

En el caso que nos ocupa, la potencia de diseño SET $P_{SET} = P_{poligono} \times 0.85 = 20.68 \text{ MW}$

Si tenemos en cuenta el caso más desfavorable, en el que el factor de potencia sea igual a 0,8,

$$S_{SET} = \frac{P_{SET}}{0.8} = 25.85 \text{ MVA}$$

1.2 Potencia SET

Como referencia para el diseño de los nuevos transformadores AT/MT a instalar se tendrá en cuenta los criterios definidos en la norma EDE GST002. Se tomarán las siguientes potencias estandarizadas: 16MVA, 25MVA, 40MVA o 63MVA.

En este caso, la potencia estimada para la superficie del polígono es de 25.85 MVA, por lo que se ha seleccionado la instalación de dos transformadores de 16 MVA.



2. Niveles de aislamiento e intensidad de cortocircuito

2.1 Intensidad de cortocircuito

Los valores normalizados por Endesa en su Guía SRZ001, para los distintos niveles de tensión vienen recogidos en la siguiente tabla

Tensión Nominal U_n (kV)	Niveles aislamiento $U_m/U_i/U_l$ (kV)	I_{ter} kA (1 seg) *	Valor cresta I_{cc} (kA)
220	245/460/1050	40/50/63	100/125/158
132	145/275/650	25/31,5/40	63/80/100
110	145/275/650	25/31,5/40	63/80/100
66	72,5/140/325	25/31,5	63/80
50	72,5/140/325	25/31,5	63/80
45	52/95/250	25/31,5	63/80
30	36/70/170	25/31,5	63/80
25	36/70/170	25/31,5	63/80
20	24/50/125	16**/25/31,5	40**/63/80
15	24/50/125	16**/25/31,5	40**/63/80
13,2	24/50/125	16**/25/31,5	40**/63/80
11	24/50/125	16**/25/31,5	40**/63/80
10	24/50/125	16**/25/31,5	40**/63/80

TABLA 41 NIVELES AISLAMIENTO E INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO
SRZ001

De manera que se establecerá como parámetro de diseño una intensidad de cortocircuito trifásico de valor 31,5 kA para un tiempo de 1s.

2.1.1 Cálculo de corrientes de cortocircuito trifásico

Se calcula la potencia de cortocircuito trifásico en el lado de alta tensión, la correspondiente a la proporcionada por la compañía EDE,

$$S_{cc} = \sqrt{3} \cdot 66 \text{ kV} \cdot 31.5 \text{ kA} = 3600.93 \text{ MVA}$$

Se calculan los valores base de la zona de AT y MT, siendo la potencia base la potencia del transformador 16 MVA.

ZONA 1

$$Z_{B1} = \frac{(66 \text{ kV})^2}{16 \text{ MVA}} = 272.25 \Omega$$

$$Z_{p.u \text{ línea}} = \frac{16 \text{ MVA}}{3600.93 \text{ MVA}} = 4.44 \times 10^{-3}$$

$$I_B = \frac{16 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 66 \text{ kV}} = 139.9637 \text{ A}$$

ZONA 2

$$Z_{B2} = \frac{(20 \text{ kV})^2}{3600.93 \text{ MVA}} = 25 \Omega$$

$$Z_{\text{p.u. trafo}} = 0.154 \text{ (ficha técnica)}$$

$$I_B = \frac{16 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}} = 461.88 \text{ A}$$

Obteniendo,

VALORES	SB(MVA) = 16	
	ZONA 1	ZONA 2
U_B (kV)	66	20
Z_B (Ω)	272.25	25
I_B (A)	139.96	461.88

TABLA 42. BASE DE CÁLCULO

Siendo el esquema de cortocircuito el siguiente,

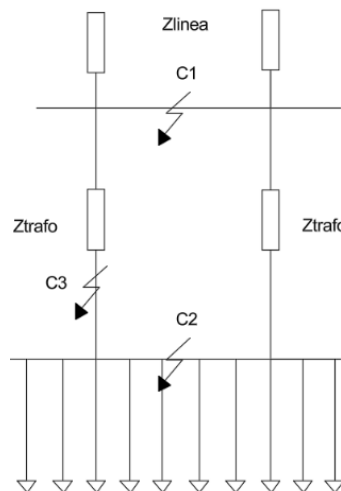


FIGURA 77. DIAGRAMA DEL CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO

CORTOCIRCUITO ZONA 1 (C1)

Se calcula la corriente de cortocircuito trifásico en el punto C1, sabiendo que la impedancia equivalente del sistema hasta ese punto es exclusivamente la de la línea, con valor de:

$$Z_{TH} = Z_{\text{p.u. línea}} = 4.44 \times 10^{-3}$$



$$I_{cc \text{ ZONA 1}} = \frac{IB}{Z_{TH}} = \frac{139.96}{4.44 \times 10^{-3}} = 31.5 \text{ kA}$$

CORTOCIRCUITO ZONA 2 (C2)

En el punto C2, la impedancia equivalente del sistema se compone de la impedancia conjunta de los dos transformadores conectados en paralelo, a la que se suma la impedancia de la línea.

$$Z_{TH \text{ p. u}} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{\text{p.u trafo}}} + \frac{1}{Z_{\text{p.u trafo}}} + Z_{\text{p.u línea}}} = \frac{1}{\frac{1}{0.154} + \frac{1}{0.154}} + 4.44 \times 10^{-3} = 0.08144$$

$$I_{cc \text{ ZONA 2}} = \frac{IB}{Z_{TH}} = \frac{461.88}{0.08144} = 5671.41 \text{ A}$$

CORTOCIRCUITO SALIDA TRAF0 (C3)

$$Z_{TH \text{ p. u}} = Z_{\text{p.u trafo}} + Z_{\text{p.u línea}} = 4.44 \times 10^{-3} + 0.154 = 0.158$$

$$I_{cc \text{ SALIDA TRAF0}} = \frac{IB}{Z_{TH}} = \frac{461.88}{0.158} = 2915.17 \text{ A}$$

Menor a 16 kA, cumple con criterios de Endesa.

	ZONA 1 C1	ZONA 2 C2	SALIDA TRAF0 C3
$I_{cc}(\text{kA})$	31.5	5.67	2.92

TABLA 43. INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO POR ZONAS

2.1.1 Configuración neutro transformador

El transformador presentará una puesta a tierra del neutro de MT de acuerdo con la normativa de Endesa:

Tensión Nominal U_n	ANDALUCÍA Y EXTREMADURA	ARAGÓN	BALEARES	CANARIAS	CATALUÑA
220	PAT ₁	PAT ₁	PAT ₁	PAT ₁	PAT ₁
132	PAT ₁	PAT ₁	PAT ₁	-	PAT ₁
110	-	PAT ₁	-	-	NA/PAT ₁
66	PAT ₁ (*)	PAT ₁	PAT ₁	PAT ₁	PAT ₁ / PAT ₂
45	-	PAT ₁	-	-	-
30	-	PAT ₁ (**)	PAT ₁ (**)	PAT ₁ (**)	-
25	PAT ₂	PAT ₃	-	-	PAT ₃
20	PAT ₂	NA	-	PAT ₃	-
15	PAT ₂ / PAT ₃	NA	PAT ₃	-	-
13,2	-	PAT ₃	-	-	-
11	-	PAT ₂	-	-	PAT ₂
10	-	NA	-	-	-

FIGURA 78. TABLA DE LA PUESTA A TIERRA
FUENTE: SRZ001

PAT1: Red con neutro conectado rígidamente a tierra.

PAT2: Red con neutro conectado a tierra mediante resistencia limitadora.

Los valores de impedancias asignados en las instalaciones para la puesta a tierra del neutro de MT serán los siguientes, según las normas de referencia SND011 y SND012.

De manera que la configuración del transformador,

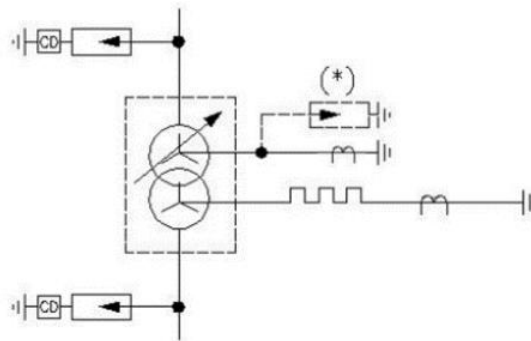


FIGURA 79 CONFIGURACIÓN TRAFIO

En la siguiente tabla se indica el valor de impedancias normalizado por EDE, en caso de existir, para un mismo nivel de tensión, varias opciones de corrientes de defecto, ésta quedará definida por EDE.

U_n (kV)	1,1. U_n (kV)	U_m (kV)	$I_{def.asig}$ (A)	R (Ω) (SND012)
20	22	24	300	42,3
			1000	12,7

TABLA 44. CARACTERÍSTICAS DE LA PUESTA A TIERRA

Se empleará una intensidad de defecto de 1000A, al tratarse de cables subterráneos.

$$R = \frac{20 \text{ kV}}{\sqrt{3} \times 1000\text{A}} = 11.547\Omega$$

De manera que se empleará la resistencia de PaT estandarizadas en la norma de referencia SND012, cuyo valor es 12.7Ω , pues es aún más restrictiva.

$$R = \frac{12.7\Omega}{25 \Omega} = 0.508 \text{ p.u}$$

2.1.2 Cálculo de corrientes de cortocircuito monofásico

Para calcular la corriente de cortocircuito monofásico a tierra, se utilizará el modelo de componentes simétricas, representando el circuito equivalente mediante los esquemas de secuencia directa, inversa y homopolar.

Dado que se desconocen los parámetros eléctricos detallados de la red de alimentación aguas arriba de la subestación, se considera esta como un generador rígido conectado a tierra.

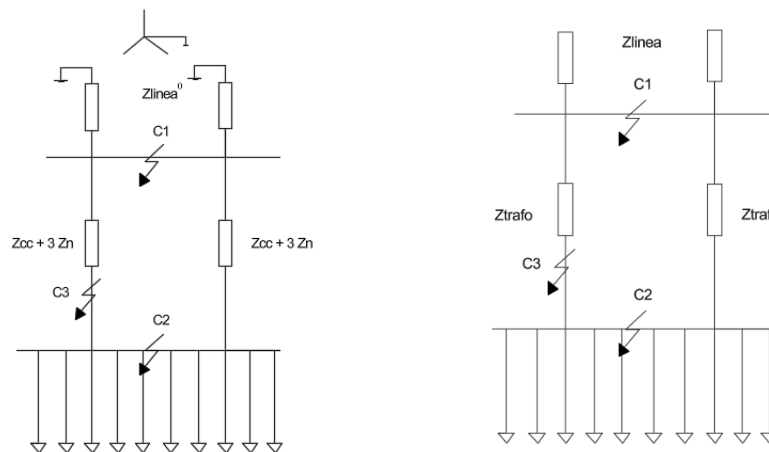


FIGURA 80. ESQUEMA HOMOPOLAR Y ESQUEMA SECUENCIA DIRECTA E INVERSA

Siendo la conexión del trafo estrella estrella con neutro a tierra,

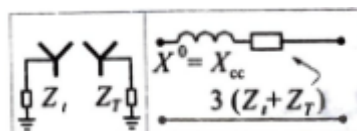


FIGURA 81 ESQUEMA HOMOPOLAR



CORTOCIRCUITO EMBARRADO 66kV (C1)

$$I_{defecto} = \frac{3 \cdot U}{Z_{p.u(D)+Z_{p.u(I)}} + Z_{p.u(0)}} = \frac{3 \cdot 1}{2 \cdot 4.44 \times 10^{-3} + 4.44 \times 10^{-3}} = 225.23 \text{ p.u}$$

$$I_{defecto} = I_{defecto} \cdot I_{B \text{ zona } 1} = 31.5 \text{ kA}$$

CORTOCIRCUITO EMBARRADO 20 kV (C2)

$$Z_{p.u(D)=Z_{p.u(I)}} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{p.u \text{ trafo}}} + \frac{1}{Z_{p.u \text{ trafo}}} + Z_{lin}} = \frac{1}{\frac{1}{0.154i} + \frac{1}{0.154i}} + 4.44 \times 10^{-3}i$$

$$= 0.08144 \text{ p.u}$$

$$Z_{p.u(0)} = \frac{1}{\frac{1}{3 \cdot Z_n + X_{cc}} + \frac{1}{3 \cdot Z_n + X_{cc}}} + Z_{lin}^0$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{3 \cdot 0.508 + 0.154i} + \frac{1}{3 \cdot 0.508 + 0.154i}} + 4.44 \times 10^{-3}i$$

$$= 0.762 + 0.081i$$

$$I_{defecto} = \frac{3 \cdot U}{Z_{p.u(D)+Z_{p.u(I)}} + Z_{p.u(0)}} = \frac{3 \cdot 1}{2 \cdot 0.08144i + 0.762 + 0.081i} =$$

$$= 3.57 - 1.14i \text{ p.u}$$

$$I_d = (3.57 - 1.14i) \cdot 461.88$$

$$= 1649.46 - 527.92i = 1731.89 \text{ A}$$

	Zona 1	Zona 2
Icc Monofásico a tierra (kA)	31.5 kA	1.73

TABLA 45. CORTOCIRCUITO POR ZONAS

La corriente de cortocircuito más desfavorable es la que tiene lugar en el embarrado de 66 kV, corriente que coincide con la del cálculo trifásico porque se ha actuado con el criterio más conservador.



2.2 Niveles

Según lo indicado en el apartado 4.3 de la guía técnica SR001 de e-distribución, se definen los valores normalizados de aislamiento e intensidades de cortocircuito en función del nivel de tensión asignado a cada parte de la instalación.

Tensión nominal Un (kV)	Nivel aislamiento Um/Uf/UI (kV)	Iter kA (1 seg) *	Valor cresta Icc (kA)
66	72,5/140/325	25/31,5	63/80
20	24/50/125	16**/25/31,5	40**/63/80

FIGURA 82. NIVELES AISLAMIENTO E INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO

De acuerdo con lo dispuesto en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-RAT 12, en su primer apartado:

Los equipos destinados a instalaciones de AT deberán contar con un aislamiento conforme a los valores normalizados establecidos en las normas UNE-EN 60071-1 y UNE-EN 60071-2.

Los niveles de aislamiento se expresan mediante tensiones soportadas normalizadas ante diferentes sollicitaciones dieléctricas, y quedan recogidos en las Tablas 1, 2 y 3 de dicha ITC, agrupándose según el valor de la tensión más elevada aplicable al material aislante empleado.

Se distingue:

- a) Grupo A Este grupo incluye aquellos equipos cuyo valor de tensión más elevada está comprendido entre más de 1 kV y hasta 36 kV inclusive.

TENSIÓN MÁS ELEVADA PARA EL MATERIAL (Um) (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A FRECUENCIA INDUSTRIAL (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO (kV cresta)		Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra y entre fases (mm)			
		Lista 1	Lista 2	Lista 1		Lista 2	
				instalación en interior	instalación en exterior	instalación en interior	instalación en exterior
3,6	10	20	40	60	120		
						60	120
7,2	20	40	60	60	120		
						90	120
12	28	60	75	90	150		
						120	150
17,5	38	75	95	120	160		
						160	160
24	50	95		160	160		
			125			220	220
			145			270	270
36	70	145		270	270		
			170			320	320

FIGURA 83. GRUPO A
FUENTE ITC RAT 12

- b) Grupo B. Este grupo incluye aquellos equipos cuyo valor de tensión más elevada del material aislante está comprendido entre más de 36 kV y hasta 245 kV inclusive.

TENSIÓN MÁS ELEVADA PARA EL MATERIAL (Um) (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A FRECUENCIA INDUSTRIAL (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO (kV de cresta)	Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra y entre fases (mm)
52	95	250	480
72,5	140	325	630
123	185	450	900
145	230	550	1100
170	185	450	900
	230	550	1100
	275	650	1300
	230	550	1100
	275	650	1300
	325	750	1500
245	325	750	1500
	360	850	1700
	395	950	1900
	460	1050	2100

FIGURA 84. GRUPO B
FUENTE ITC RAT 12

- c) Grupo C. Tensión más elevada del material mayor de 245 kV

TENSIÓN MÁS ELEVADA PARA EL MATERIAL (Um) (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO 1,2/50 μ s kV (valor de cresta)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO MANIOBRA Fase a tierra 250/2500 μ s kV (valor de cresta)	Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra (mm)		TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO MANIOBRA Entre fases 250/2500 μ s kV (valor de cresta)	Distancia mínima de aislamiento en aire entre fases (mm)	
			Conductor/ estructura (mm) (*)	Punta/ estructura (mm) (*)		Conductor/ conductor (paralelos) (mm) (*)	Punta/ conductor (mm) (*)
420	1050	850	1900	2400	1360	2900	3400
	1175		2200				
	1175	950	2200	2900	1425	3100	3600
	1300		2400				
	1300		1050				
1425							

(*) Las configuraciones "punta-estructura" y "punta-conductor" son las más desfavorables que normalmente puede encontrarse; las configuraciones "conductor-estructura" y "conductor-conductor (paralelos)" cubren un amplio campo de configuraciones normales y resultan menos desfavorables que las anteriores.

FIGURA 85. GRUPO C
FUENTE ITC RAT 12

3. Distancias

Según el grupo de aislamiento correspondiente y la tensión más elevada asignada al material, se determina —a partir de la normativa citada previamente— que las distancias dieléctricas mínimas requeridas son de 220 mm para sistemas de 20 kV y de 630 mm para instalaciones de 60 kV, tanto para la separación entre fase y tierra como entre fases

3.1 Distancia de seguridad

3.1.1 Distancia pasillos

Conforme a lo indicado en la ITC-RAT 15, en relación con el apartado 6.1.1 de la ITC-RAT 14, los pasillos de servicio deberán disponer de un espacio suficiente que facilite tanto las labores de



operación como de mantenimiento, garantizando además el desplazamiento seguro del personal y la movilización de equipos durante las tareas de instalación o revisión.

En función del tipo de pasillo y su disposición respecto a elementos de alta tensión, se establecen las siguientes dimensiones mínimas:

- Pasillos de maniobra con componentes de alta tensión en ambos lados: anchura mínima de 1,2 metros/ en un solo lado: 1 m .
- Pasillos de inspección con equipos en tensión a ambos lados: anchura mínima de 1,0 metro/en un solo lado: 0.8m.

3.1.2 Altura

En lo que respecta a la altura libre, y considerando que la instalación opera a una tensión nominal de 66 kV, se establecen las siguientes cotas mínimas de referencia:

- Altura en zonas de maniobra: $\geq 3,00$ metros.
- Altura en zonas de inspección: $\geq 2,50$ metros.

Estas alturas mínimas aseguran el cumplimiento de los requisitos establecidos por el Reglamento vigente, favoreciendo un entorno seguro tanto para el personal como para los equipos instalados en las áreas operativas.

Adicionalmente, en aquellos pasillos situados bajo elementos no protegidos y en tensión, se deberá mantener una altura libre mínima H , definida como:

$$H = \text{Zona de seguridad} + \text{Valor base } (d)$$

Donde,

- Zona de seguridad = 2,5 m.
- d =Distancia mínima fase-tierra (MIE ITC-RAT 12)

Para 66kV

$$H = 2.5 + 0.63 = 3.13 \text{ m}$$

Se garantizará una altura libre no inferior a 3.8 metros, estando de cara a la seguridad.

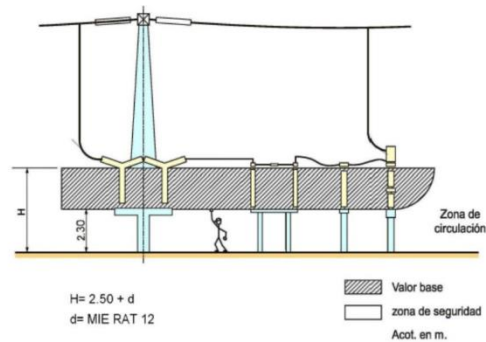


FIGURA 86. PASILLOS DE INSPECCIÓN

Para 20 kV $H = 2.5 + 0.22 = 2.72m$

3.1.3 Distancias de seguridad en zonas de circulación de maquinaria

Tal como se indica en el apartado 4.1.3 del ITC-RAT-14, en aquellas zonas donde esté previsto el tránsito de equipos móviles o maquinaria, se deberá respetar una distancia mínima de seguridad entre los elementos activos de la instalación y la parte más elevada del equipo en movimiento. Esta distancia se define mediante la expresión:

$$T \geq 50 \text{ cm}$$

$$T = d + 10$$

En el caso del parque de 20 kV, al tratarse de una instalación interior y con celdas metálicas blindadas, no se contempla el paso de maquinaria, por lo que esta exigencia no aplica.

Por otro lado, en la zona del parque de 66 kV, sí se prevé la posible circulación de equipos móviles, por lo que se aplicará la fórmula anterior con:

$$T = 0.63 + 10 = 0.73 \text{ m}$$

Se tendrá en cuenta una distancia de 0.73 m desde la parte superior del vehículo/maquina.

$$H_{total} = H_{maquina/vehiculo} + 0.73 \text{ m}$$

3.1.4 Distancia entre elementos activos y vallado

Con el fin de prevenir contactos involuntarios desde el exterior del vallado perimetral de la instalación con partes activas, se debe garantizar una distancia mínima de seguridad en sentido

horizontal. En el caso de que el cerramiento esté formado por un enrejado de altura igual o superior a 2,20 metros, dicha distancia se determina mediante la siguiente expresión:

$$G = d + 150$$

Siendo:

- d : la distancia mínima fase-tierra establecida según la ITC-RAT 12.
- 150 cm: margen adicional de protección frente a accesos no autorizados desde el exterior.

$$G = 63 + 150 = 213 \text{ cm}$$

Los elementos en tensión deben situarse a al menos 2,13 m de distancia horizontal desde la valla o el enrejado.

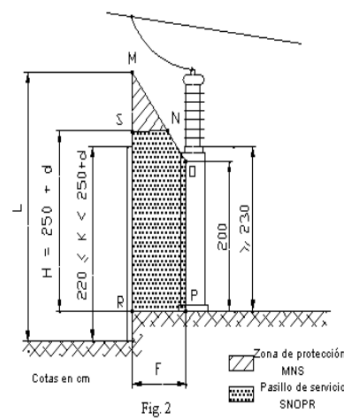


FIGURA 87. DISTANCIAS AL CIERRE PERIMETRAL

3.1.5 Distancia en el interior recinto

- A paredes macizas (altura mínima 1,80 m):

$$B = d + 3(\text{en cm}) = 66 \text{ cm}$$

- A enrejados (altura mínima 1,80 m):

$$C = d + 10(\text{en cm}) = 73 \text{ cm}$$

- A cierres de cualquier tipo (paredes, enrejados, barreras, etc.), con altura no inferior a 1,00 m:

$$E = d + 30 = 93 \text{ (mínimo 125 cm)}$$

3.1.6 Distancias de peligro y proximidad según RD 614/2001

De acuerdo con el Real Decreto 614/2001, por el que se establecen las disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, es obligatorio definir las zonas de riesgo y proximidad en función de la tensión asignada de la instalación.

Estas zonas se determinan mediante distancias de seguridad respecto a elementos en tensión, según los siguientes criterios:

- Zona de peligro: delimitada por la distancia D_{PEL} , dentro de la cual solo puede acceder personal autorizado y con formación específica, bajo condiciones técnicas y organizativas muy estrictas.
- Zona de proximidad: se extiende entre D_{PEL} y D_{PROX} . El acceso a esta zona exige la adopción de medidas preventivas para evitar acercamientos no controlados a partes activas

Distancias de seguridad en zonas de trabajo (mm)	$D_{PEL-1} = 120$	$D_{PEL-1} = 72$
	$D_{PEL-2} = 85$	$D_{PEL-1} = 60$
	$D_{PROX-3} = 170$	$D_{PROX-3} = 122$
	$D_{PROX-4} = 300$	$D_{PROX-4} = 300$

TABLA 46 DISTANCIA LÍMITE

U_n	D_{PEL-1}	D_{PEL-2}	D_{PROX-1}	D_{PROX-2}
≤ 1	50	50	70	300
3	62	52	112	300
6	62	53	112	300
10	65	55	115	300
15	66	57	116	300
20	72	60	122	300
30	82	66	132	300
45	98	73	148	300
66	120	85	170	300
110	160	100	210	500
132	180	110	330	500
220	260	160	410	500



TABLA 47 DISTANCIAS ZONAS SEGURIDAD

4. Parque Alta tensión

4.1 Embarrado de 66 kV

El embarrado principal de la subestación estará constituido por un embarrado doble, compuesto por tubos de aleación de aluminio, garantizando una adecuada capacidad de conducción y resistencia mecánica.

Según las especificaciones establecidas por EDE en su apartado 7.1 de la guía técnica SRZ001, para niveles de tensión de 66 kV, el embarrado principal estará conformado por tubos con las siguientes características:

Conductor	Diámetro exterior/interior (mm)	Sección (mm ²)	Límite fluencia min./max. (Kg/m ²)	Intensidad admisible (A)	Dimensionamiento
Tubo Al	120/106	2.485	1600/2400	2985	s/ CEI 865/199

Se justificará la elección de este en los siguientes apartados.



4.1.1 Sección de acuerdo con la intensidad nominal

Según lo establecido en el documento técnico SRZ001, el embarrado principal de Alta Tensión en subestaciones exteriores deberá dimensionarse para soportar la totalidad de la capacidad de transporte de todas las líneas conectadas, exceptuando la correspondiente a la línea de menor sección. Se calcula la intensidad nominal que circula por el embarrado, de acuerdo con la potencia nominal de ambos transformadores que componen la SET.

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \times U_n} = \frac{32 \times 10^6 \text{ VA}}{\sqrt{3} \times 66 \times 10^3 \text{ V}} = 279.93 \text{ A}$$

Siendo:

- I_n = Intensidad nominal en A.
- S_n = Potencia aparente en VA.
- U_n = Tensión nominal en V.

La corriente que atraviesa el embarrado es 279.93 A, muy inferior a la intensidad admisible del conductor 2985A:

$$I_{\text{conductor normalizado}} = 2985 \text{ A} \gg I_n = 279.93 \text{ A}$$

De hecho, con conductor tubular AL de Ø120/106mm, la potencia máxima a transportar sería:

$$S = \sqrt{3} \times 66 \text{ (kV)} \times 2985 \text{ (A)} = 341,23 \text{ MVA}$$

Se verifica que el valor obtenido es superior a la potencia de cálculo, lo que garantiza la adecuada capacidad del embarrado en la configuración actual.

4.1.2 Sección de acuerdo con la hipótesis de esfuerzos térmicos

Para comprobar la sección mínima del embarrado frente a cortocircuitos, se comprobará que la sección de cálculo es menor que la sección de Tubo AL 120/106:

$$S_{\text{cálculo}} = \sqrt{\frac{k \times I_{cc}^2 \times (t + \Delta t)}{\Delta \theta}} = \sqrt{\frac{0.0135 \times (31.5 \times 10^3)^2 \times (1 + 0.729)}{200}} = 340.3 \text{ mm}^2$$

Donde Δt se calcula:

$$\Delta t = \left(\frac{K \times I''}{I_{ccp}} \right)^2 \times T = \left(\frac{1.8 \times 31.5 \times 10^3}{31.5 \times 10^3} \right)^2 \times 0.0225 = 0.729$$

Siendo,

- t = Tiempo de disparo del disyuntor en seg.
- k = Vale 0,0058 para Cu y 0,0135 para Al.
- T = Oscila entre 0,3 – 0,15 seg. Si el cortocircuito es tripolar y 0,6 – 0,25 si es bipolar.



- $\Delta\theta$ = Calentamiento del conductor en °C. La máxima temperatura recomendada tanto para Cu, Al o Al-Ac es de 200 °C, con temperatura ambiente de 40 °C.

Para garantizar la capacidad del embarrado frente a condiciones de cortocircuito, se compara la sección calculada con la establecida por Endesa:

- Sección calculada: $S_{c2}=340.3 \text{ mm}^2$
- Sección requerida por Endesa: $S_{Endesa}= 2.485 \text{ mm}^2$

Dado que:

$$S_{c2}=340.3 \text{ mm}^2 \ll S_{Endesa}=2.485 \text{ mm}^2$$

Se concluye que la sección del conductor es válida para soportar la intensidad en caso de cortocircuito.

4.1.3 Distancia de separación mínimas

La distancia mínima entre los conductores de fase está regulada por el artículo 5.4.1 de la ITC-07 del R.L.A.T.

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

D: Separación entre conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos en metros.

K: Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, que se tomará de la tabla 16 del apartado 5.4.1 de la ITC07 del R.L.A.T..

F: Flecha máxima en metros, para las hipótesis según el apartado 3.2.3 de la ITC07 del R.L.A.T. (m).

L: Longitud en metros de la cadena de suspensión. En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de amarre o aisladores rígidos $L=0$.

D_{pp} : Distancia mínima aérea especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido. Los valores de D_{pp} se indican en el apartado 5.2 de la ITC07 del R.L.A.T., en función de la tensión más elevada de la línea.



Tensión más elevada de la red U_s (kV)	D_{el} (m)	D_{pp} (m)
3,6	0,08	0,10
7,2	0,09	0,10
12	0,12	0,15
17,5	0,16	0,20
24	0,22	0,25
30	0,27	0,33
36	0,35	0,40
52	0,60	0,70
72,5	0,70	0,80
123	1,00	1,15

Como la tensión más elevada de la línea es de 72,5 kV, $D_{pp} = 0,8$ m.

$$D_f = K \cdot \sqrt{f + L} + K' \cdot D_{pp} \geq D_{(f-f)} = 63 \text{ cm}$$

$$D_{(f-t)} \geq D_{(f-t)Reg} = 630 \text{ cm}$$

D_{f-t} = Distancia de conductores a elementos en tensión. Tabla 2 Materiales Grupo B según ITC-RAT 12

4.1.4 Sección debido a esfuerzos electrodinámicos

4.1.4.1 Esfuerzo electrodinámico

Para determinar la fuerza mecánica que actúa entre conductores durante una falla por cortocircuito, se utiliza la siguiente fórmula empírica dada por Ley de Ampere y Laplace:

$$F = \frac{4,08 \cdot K^2 \cdot I''^2}{d} \times 10^{-8} = \frac{4,08 \cdot 1,8^2 \cdot 31500^2}{63} \cdot 10^{-8} = 2,1 \frac{Kg}{cm}$$

F: esfuerzo electrodinámico.

K: relación R/X del circuito a considerar, 1,8.

Esta fórmula se aplica para estimar el esfuerzo que deben soportar los conductores en caso de un cortocircuito. Permite verificar que la sección y sujeción mecánica de los conductores sea adecuada para resistir los efectos electrodinámicos sin sufrir desplazamientos o daños estructurales.

4.1.4.2 Momento flector

Durante un cortocircuito, los conductores del embarrado están sometidos a fuerzas electrodinámicas que generan un momento flector sobre los soportes. Para verificar la resistencia mecánica del sistema, se calcula el momento flector máximo actuante mediante:

$$M = \frac{E_T \cdot L^2}{12}$$

Donde:

M: momento flector máximo, función del empotramiento. Viene expresado en Kg.cm y normalmente se considera a los embarrados como una viga empotrada en los extremos.

ET: esfuerzo total

L: longitud del embarrado.

Esta fórmula corresponde a la condición de carga distribuida uniforme en una viga con ambos extremos empotrados.

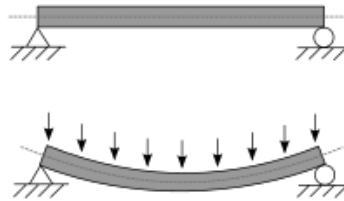


TABLA 48 VIGA EMPOTRADA

Para el cálculo del esfuerzo total, es necesario conocer los esfuerzos verticales y los horizontales a los que se ve sometido el conductor,

$$E_T = \sqrt{P^2 + (F + Fv)^2}$$

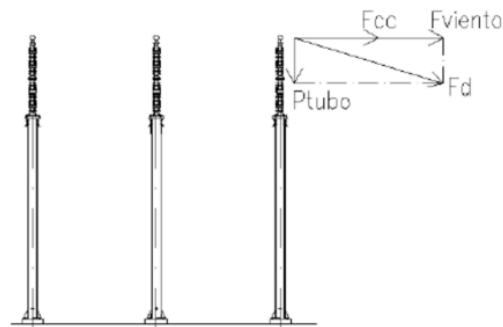


TABLA 49 ESFUERZOS

Siendo:

- Peso conductor, P

Se realiza el cálculo del peso por metro lineal de una barra de aluminio con sección circular de 120/106 mm.



Características conductor

Diámetro exterior: 120 mm

Diámetro interior: 106 mm

Material: Aluminio

Densidad del aluminio: 2.70 g/cm³

Cálculo del Área de la Sección Transversal

$$A = (\pi / 4) \times (D_{ext}^2 - D_{int}^2)$$

$$A = (\pi / 4) \times (120^2 - 106^2) = 24.8424 \text{ cm}^2$$

Cálculo del Peso por Metro Lineal

$$P = \text{Área (cm}^2) \times \text{Densidad (g/cm}^3) \times 100$$

$$P = 24.8424 \times 2.7 \times 100 = 6,707.45 \text{ g/m} = 0.0671 \text{ kg/cm}$$

- Peso viento, F_v

Considerando un viento de 120 km/h de velocidad actuando perpendicularmente a las superficies sobre las que incide, da lugar, según el artículo 3.1.2 de la ITC-LAT 07 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión, a las presiones de:

Sobre superficies cilíndricas de aparamenta: 70 kg/m

$$F_v = 1.02 \cdot q \cdot d \cdot 10^{-5} \text{ kg/cm}$$

q: Presión del viento sobre el conductor (Kg/m²).

$$F_v = 1.02 \cdot 70 \cdot 120 \cdot 10^{-5} = 0.09 \text{ kg/cm}$$

$$E_T = \sqrt{P^2 + (F + F_v)^2} = \sqrt{0.06709^2 + (2.1 + 0.09)^2} = 2.19 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}}$$

Por lo que el momento flector,

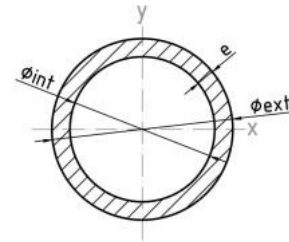
$$M = \frac{E_T \cdot L^2}{12} = \frac{2.19 \cdot 800^2}{12} = 116800 \text{ Kg} \cdot \text{cm}$$

Obtenemos el momento resistente (W), que será función del tipo de embarrado a utilizar, para una sección circular hueca de aluminio:

$$W = (\pi / 32) \times (D_{ext}^4 - D_{int}^4) / D_{ext}$$

$$W = (\pi / 32) \times (120^4 - 106^4) / 120 = 66,36 \text{ cm}^3$$

Por otro lado, la siguiente tabla muestra los valores de límite de fluencia mínimo y máximo del aluminio según especificaciones asignadas por la compañía. A partir de estos valores y aplicando un coeficiente de seguridad típico, se calcula la tensión admisible recomendada para fines de diseño estructural.





Límite de Fluencia	Valor (kg/cm ²)	Coefficiente de Seguridad	Tensión Admisible (Kc) (kg/cm ²)
Mínimo	1600	2.0	800
Máximo	2400	2.0	1200
Promedio	2000	2.0	1000

TABLA 50 LIMITE FLUENCIA

Se comprueba que:

$$\frac{\text{Momento flector}}{\text{Tensión admisible}} \leq \text{Momento resistente}$$

$$\frac{M}{K_c} \leq W = \frac{116800}{1000} \leq 66,36 \rightarrow \text{No Cumple}$$

Aumentamos la separación entre fases a 2 metros,

De manera que $F = 0.656 \text{ Kg/cm}$

$$E_T = 0.749 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}}$$

$$M = 39946,7 \text{ Kg} \cdot \text{cm}$$

$$\frac{M}{K_c} \leq W = \frac{39946,7}{1000} \leq 66,36 \rightarrow \text{Cumple}$$

Se cumple con los criterios de diseño mecánico, debiéndose mantener una separación de 2 metros entre fases del embarrado.

4.1.5 Aisladores embarrado

Los aisladores a usar en la red de AT de EDE serán, preferentemente, aisladores de material compuesto de caucho silicona (composite) cuyas características tomarán como referencia la norma EDE GSCH004.



4.1.5.1 Línea de fuga

Según Tabla 14 de la ITC-LAT 07,

Nivel de contaminación	Ejemplos de entornos típicos	Línea de fuga específica nominal mínima mm/kV ¹⁾
I Ligero	<ul style="list-style-type: none"> - Zonas sin industrias y con baja densidad de viviendas equipadas con calefacción. - Zonas con baja densidad de industrias o viviendas, pero sometidas a viento o lluvias frecuentes. - Zonas agrícolas 2) - Zonas montañosas - Todas estas zonas están situadas al menos de 10 km a 20 km del mar y no están expuestas a vientos directos desde el mar 3) 	16,0
II Medio	<ul style="list-style-type: none"> - Zona con industrias que no producen humo especialmente contaminante y/o con densidad media de viviendas equipadas con calefacción. - Zonas con elevada densidad de viviendas y/o industrias pero sujetas a vientos frecuentes y/o lluvia. 	20,0
III Fuerte	<ul style="list-style-type: none"> - Zonas expuestas a vientos desde el mar, pero no muy próximas a la costa (al menos distantes bastantes kilómetros)3). - Zonas con elevada densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con elevada densidad de calefacción generando contaminación. - Zonas cercanas al mar o en cualquier caso, expuestas a vientos relativamente fuertes provenientes del mar 3). 	25,0
IV Muy fuerte	<ul style="list-style-type: none"> - Zonas, generalmente de extensión moderada, sometidas a polvos conductores y a humo industrial que produce depósitos conductores particularmente espesos. - Zonas, generalmente de extensión moderada, muy próximas a la costa y expuestas a pulverización salina o a vientos muy fuertes y contaminados desde el mar. - Zonas desérticas, caracterizadas por no tener lluvia durante largos periodos, expuestas a fuertes vientos que transportan arena y sal, y sometidas a condensación regular. 	31,0

1) Línea de fuga mínima de aisladores entre fase y tierra relativas a la tensión más elevada de la red (fase-fase).
 2) Empleo de fertilizantes por aspiración o quemado de residuos, puede dar lugar a un mayor nivel de contaminación por dispersión en el viento.
 3) Las distancias desde la costa marina dependen de la topografía costera y de las extremas condiciones del viento.

TABLA 51 TABLA ITC LAT 04

Como la subestación se encuentra en un ambiente de polución industrial, como criterio de seguridad, se optará por la línea de fuga específica mínima de 31 mm/kV.

Se emplearán aisladores de apoyo para embarrado, también conocidos como aisladores de soporte. Instalados en vertical, soportando barras tubulares de aluminio sobre estructuras metálicas.

Para el cálculo de la longitud de la línea de fuga (entre fase y tierra) se utilizará la tensión más elevada de la red (fase-fase).

$$n = \frac{g \times U_m}{L_f} = \frac{31 \text{ mm}}{\text{kV}} \cdot 72,5 \text{ kV} = \frac{2250 \text{ mm}}{2250 \text{ mm}} = 0,999 \approx 1$$

Donde f es la línea de fuga del aislador de la casa Poinca referencia 32.072G.12.05.

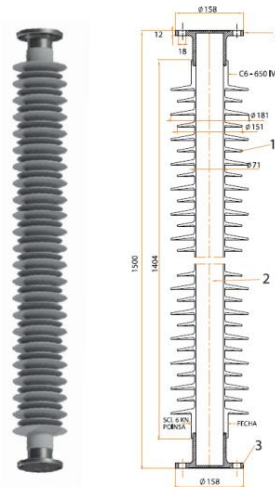


TABLA 52 AISLADOR POINSA

Propiedades Eléctricas

Tensión máxima de servicio	72.5 kV
Tensión soportada a frecuencia industrial (húmedo)	140 kV
Tensión soportada impulso (rayo seco)	325 kV
Norma de referencia	IEC 61952

Propiedades Mecánicas

Carga específica a flexión (SCL)	6 kN
Carga máxima de diseño a flexión (MDCL)	2.4 kN

Propiedades Físicas

Distancia de fuga mínima	2250 mm
Distancia de arco	665 mm
Peso	12.6 kg

TABLA 53 PROPIEDADES

4.1.5.2 Esfuerzo soportado por la cadena de aisladores

$$EA = ET \cdot L = 0,75 \frac{Kg}{cm} \cdot 800 = 600 Kg$$

Donde,

- Ea Esfuerzos soportados por los aisladores en Kg
- ET = Esfuerzos transmitidos por el embarrado en Kg/cm
- L = Distancia entre aisladores o del embarrado en cm.
- El aislador a elegir debe tener una carga de rotura superior a la calculada (EA), en este caso, cumple criterio, ya que presenta una carga de rotura a flexión (SCL): 6 kN.



4.1.6 Efecto de la resonancia

Flecha máxima

Para analizar el efecto de la resonancia en embarrados tubulares, se parte del modelo mecánico de una viga simplemente apoyada en ambos extremos.

Módulo de Elasticidad (E)

Para el aluminio, el módulo de elasticidad:

$$E = 7.000.000 \text{ kg/cm}^2$$

Momento de Inercia (I) del Tubo de Aluminio

Para un conductor tubular con:

Diámetro exterior: 120 mm = 12.0 cm

Diámetro interior: 106 mm = 10.6 cm

Se usa la fórmula para sección circular hueca:

$$I = (\pi / 64) \times (D_{\text{ext}}^4 - D_{\text{int}}^4)$$

$$I = (\pi / 64) \times (12.0^4 - 10.6^4) = 113.04 \text{ cm}^4$$

De manera que la flecha,

$$f = y\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{p \cdot L^4}{348 \cdot E \cdot I} = \frac{0,06709 \cdot 800^4}{348 \cdot 7 \cdot 10^6 \cdot 113,04} = 0,15 \text{ cm}$$

n_e = Número de oscilaciones por segundo

f = Flecha del embarrado en cm. p = Peso del conductor en Kg/cm

L = Longitud del embarrado entre aisladores en cm.

E = Módulo de elasticidad en Kg/cm²

I = Momento de inercia en cm⁴

$$n_e = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{980}{f}} = 12.86 \text{ Hz} \leq 100 \text{ Hz} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

4.1.7 Efecto corona

El efecto corona es un fenómeno de descarga parcial que ocurre cuando el campo eléctrico en la superficie de un conductor supera el valor crítico de ionización del aire, generando una ionización localizada. Este fenómeno puede generar ruido audible, pérdidas de energía, interferencias electromagnéticas y deterioro superficial del conductor o aisladores.

Se calculará la tensión disruptiva del efecto corona en kV que deberá de ser mayor que la tensión máxima soportada por el material en kV:

$$U_c = \frac{29.8}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{3} \cdot m_c \cdot \delta \cdot m_t \cdot r \cdot 2.302 \cdot \log \frac{D}{r} \geq U_m$$

Donde,

m_c : Coeficiente de rugosidad del conductor (0,83-0,87)

m_t : Coeficiente de humedad del aire (0,8) considerando ambiente húmedo

r : Radio equivalente del conductor



$$r = 120 \text{ mm}$$

D: Distancia media geométrica entre fases, que depende de las distancias entre fases previamente calculadas:

$$D = DMG = \sqrt[3]{D_{12} \cdot D_{23} \cdot D_{13}} = \sqrt[3]{2000 \cdot 2000 \cdot 4000} = 2500$$

δ : Factor de corrección por la densidad del aire, función de la presión barométrica y de la temperatura media anual:

$$\delta = \frac{3,921 \cdot p}{273 + \theta}$$

La presión barométrica se obtiene en función de la altura media del terreno:

$$\log p = \log 76 - \frac{677}{19342,36} = 1,88 \rightarrow P = 70,12 \text{ cmHg}$$

Se ha escogido como temperatura, la más elevada registrada por la AEMET, 40°.

Entonces, el parámetro δ será:

$$\delta = \frac{3,921 \cdot 70,12}{273 + 40} = 0,878$$

Con todo esto, la tensión disruptiva por efecto corona:

$$U_c = \frac{29,8}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{3} \cdot 0,85 \cdot 0,878 \cdot 0,8 \cdot 12 \cdot 2,302 \cdot \log \frac{2500}{12} = 1400 \text{ kV} \geq 72,5 \text{ kV}$$

No existe efecto corona y, se validan todos los requisitos del embarrado.

4.2 Conexiones entre aparamenta

Se establece en el apartado 3.2 del documento SYZH01, los siguientes conductores a emplear para la unión de la aparamenta dentro del parque de 66 kV:

Propiedad	337-AL1/44-ST1A (LA-380)	242-AL1/39-ST1A (LA-280)
Composición	54 hilos de aluminio + 7 hilos de acero	26 hilos de aluminio + 7 hilos de acero
Sección real (mm ²)	381	281,1
Diámetro aparente (mm)	25,38	21,8
Intensidad admisible a 40 °C (A)	679,64	548,98
Nº conductores por fase	1	1
Peso (kg/m)	1,275	0,976

TABLA 54 REQUISITOS

Para la elección del conductor, se seguirán los siguientes requisitos:

4.2.1 Sección de acuerdo intensidad nominal

La intensidad de régimen permanente máxima vendrá dada por el transformador de la línea en cuestión, se calculará mediante la siguiente fórmula:



$$I_{1n} = \frac{S_n}{\sqrt{3} U_{1n}}$$

Donde:

S_n : Potencia nominal en MVA del transformador de potencia.

U_{1n} : Tensión nominal en kV.

I_{1n} : Corriente nominal en A.

$$I_n = \frac{16 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 66 \text{ kV}} = 139,96 \text{ A}$$

Ambos conductores, LA-280 y LA-380 presentan una intensidad admisible mayor.

4.2.2 Sección de acuerdo con la hipótesis de esfuerzos térmicos

Se calculará la sección mínima del embarrado frente a cortocircuitos:

$$S_{\text{cálculo}} = \sqrt{\frac{k \times I_{cc} \times (t + \Delta t)}{\Delta \theta}} = \sqrt{\frac{0,0135 \times (31,5 \times 10^3)^2 \times (1 + 0,729)}{200}} = 340,3 \text{ mm}^2$$

Donde Δt se calcula:

$$\Delta t = \left(\frac{K \times I''}{I_{ccp}} \right)^2 \times T = \left(\frac{1,8 \times 31,5 \times 10^3}{31,5 \times 10^3} \right)^2 \times 0,0225 = 0,729$$

Siendo,

- t = Tiempo de disparo del disyuntor en seg.
- k = Vale 0,0058 para Cu y 0,0135 para Al.
- T = Oscila entre 0,3 – 0,15 seg. Si el cortocircuito es tripolar y 0,6 – 0,25 si es bipolar.
- $\Delta \theta$ = Calentamiento del conductor en °c. La máxima temperatura recomendada tanto para Cu, Al o Al-Ac es de 200 °C, con temperatura ambiente de 40 °C.

De manera que la sección debe de ser mayor a 340.3 mm², por lo que se empleará LA-380.

4.2.3 Comprobación densidad de corriente

La densidad de corriente máxima soportada por el cable (A/mm²), δ máx.adm, del conductor LA-380, tal y como establece la Guía Técnica de Aplicación ITC-LAT 07 (Densidad de corriente máxima de los conductores en régimen permanente).



Sección nominal mm ²	Densidad de corriente A/mm ²		
	Cobre	Aluminio	Aleación de aluminio
10	8,75		
15	7,60	6,00	5,60
25	6,35	5,00	4,65
35	5,75	4,55	4,25
50	5,10	4,00	3,70
70	4,50	3,55	3,30
95	4,05	3,20	3,00
125	3,70	2,90	2,70
160	3,40	2,70	2,50
200	3,20	2,50	2,30
250	2,90	2,30	2,15
300	2,75	2,15	2,00
400	2,50	1,95	1,80
500	2,30	1,80	1,70
600	2,10	1,65	1,55

Densidad de corriente máxima de los conductores en régimen permanente

Mediante interpolación:

$$\frac{400\text{mm}^2 - 300\text{mm}^2}{1,95 \frac{A}{\text{mm}^2} - 2,15 \frac{A}{\text{mm}^2}} = \frac{400\text{mm}^2 - 380\text{mm}^2}{1,95 \frac{A}{\text{mm}^2} - \delta' \frac{A}{\text{mm}^2}}$$

$$\delta' = 1,99 \frac{A}{\text{mm}^2}$$

Para un conductor de Acero-Aluminio, LA-280 presenta una configuración 54+7 (54 hilos de aluminio + 7 hilos de acero), el coeficiente es 0.95. De manera que la densidad de corriente máxima admisible es la siguiente:

$$\delta_{\text{máx}} = 0,95 \cdot 1,99 \text{A/mm}^2 = 1,89 \text{A/mm}^2$$

Mientras que la densidad de corriente actual de nuestro conductor es:

$$\delta = \frac{I_N}{S} = \frac{139,96}{381} = 0,37$$

De manera que,

$$\delta_{MAX} \gg \delta \rightarrow \text{Sección válida}$$

4.3 Equipos 66 kV

En este apartado se determinarán los parámetros eléctricos que debe cumplir la aparamenta del parque de 66 kV.

Para ello, se dimensionará teniendo en cuenta la potencia del transformador de la posición de transformación a la que se conecta, así como los niveles de tensión y aislamiento definidos en el apartado correspondiente del Proyecto.



4.3.1 Cálculo de la Intensidad Nominal Primaria

La intensidad nominal primaria se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$I_{1n} = \frac{S_n}{\sqrt{3} U_{1n}}$$

Donde:

S_n : Potencia nominal en MVA del transformador de potencia.

U_{1n} : Tensión nominal en kV.

I_{1n} : Corriente nominal en A.

$$I_{1n} = \frac{16 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 66 \text{ kV}} = 139,96 \text{ A}$$

4.3.2 Poder de ruptura o desconexión

Se calcula mediante la siguiente expresión,

$$S_r = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_c = 3600 \text{ MVA}$$

Donde,

U_n = Tensión nominal.

I_c = Valor eficaz de la corriente simétrica cortada.

4.3.3 Poder de conexión

Se calcula mediante la siguiente expresión,

$$S_c = K \cdot \sqrt{6} \cdot U_N \cdot I'' = 16500 \text{ MVA}$$

Donde,

U_n = Tensión nominal

I'' = Valor eficaz de la corriente subtransitoria.

Tensión nominal (kV)	Tensión más elevada del material (kV)	Tensión soportada a frecuencia industrial (kV)	Tensión tipo Rayo (kV)	Intensidad nominal (A) / transformador	Intensidad Cortocircuito (kA)	Valor instantáneo máximo Intensidad Cortocircuito (kA)
60	72.5	140	325	139.96	31.5	80

TABLA 55. CARACTERÍSTICAS DEL PARQUE DE 66 kV

4.4 Módulo híbrido

El módulo híbrido seleccionado, Y1, HYpact 72,5 de la casa GE VERNOVA, cumple con todos los requisitos técnicos para su operación en una red de 66 kV. Su capacidad de corte, aislamiento y conexión garantiza un funcionamiento seguro y conforme a normativa. Su integración compacta permite reducir espacio en obra, simplificar el montaje y minimizar el número de elementos auxiliares a mantener.

U_n : 72.5 kV, un nivel soportado a impulso tipo rayo de 325 kV, corriente de cortocircuito de 40 kA, y de cresta de corriente de 104 kA. El resto de las características eléctricas y mecánicas se detallan en la memoria descriptiva del proyecto.



4.5 Autoválvulas de 66 kV

De acuerdo con el apartado 4.4 de la guía SRZ001, con objeto de evitar sobretensiones “se instalarán pararrayos en la entrada de las líneas y en la parte de AT y MT de los transformadores”.

Las características de los pararrayos toman como referencia la norma EDE GSH005.

De acuerdo con los niveles de aislamiento de la zona de AT:

Tensión nominal del sistema U_n (kV)	Tensión máxima del sistema U_s (kV)	Tipo de conexión de neutro	Tensión máxima del material U_m (kV)	BIL del material (kV)	Nivel de contaminación
66	72,5	Rígido a tierra	72,5	325	Fuerte

TABLA 56. CARACTERÍSTICAS ZONA AT

Los criterios de diseño siguen la norma UNE-EN IEC 60099-5:2018.

4.5.1 Corriente nominal (I_n) y clase de descarga de la línea.

Tensión nominal del sistema U_n	Tensión máxima del sistema U_s	Clasificación de pararrayos (I_n)					
		5 kA	10 kA			20 kA	
			Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
$U_n \leq 66$ kV	$U_s \leq 72,5$ kV	•	•	•			
66 kV < $U_n \leq 220$ kV	$72,5$ kV < $U_s \leq 245$ kV			•	•		
220 kV < $U_n \leq 380$ kV	245 kV < $U_s \leq 420$ kV				•	•	
$U_n > 380$ kV	$U_s > 420$ kV					•	

FIGURA 88. VALORES HABITUALES DE CORRIENTES NOMINALES DE DESCARGA (I_n) Y CLASE DE DESCARGA DE LÍNEA EN FUNCIÓN DE LA TENSIÓN NOMINAL (U_n) DEL SISTEMA

La corriente nominal de descarga se selecciona en función de la corriente esperada de tipo rayo. En redes con $U_s \leq 72,5$ kV, se asigna una corriente de 5 o 10 kA, siendo recomendable optar por la corriente nominal más alta cuando la tensión de la red es mayor o la probabilidad de impacto de rayos es elevada (> 1 impacto/año·km²).

En el caso de Peligros, como se puede apreciar en la siguiente imagen, la densidad de impactos en terreno, en n°imp/km²,año es de 1.5 :

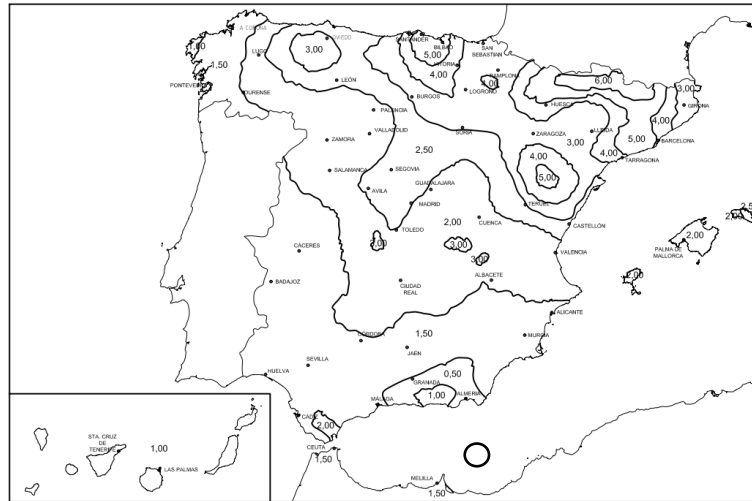


TABLA 57 IMPACTOS AÑO

En este caso y siguiendo lo que establece el CEI 99-5, se empleará asignará 10 kA clase 2.

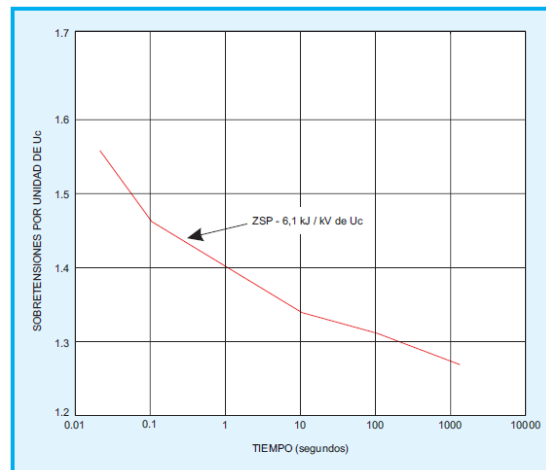


FIGURA 89 ENERGÍA

4.5.2 Línea de fuga

Nivel de contaminación	Descripción	Línea de fuga específica nominal mínima mm/kV
I Ligero (L)	<ul style="list-style-type: none"> — Zonas sin industrias y baja densidad de viviendas con calefacción. — Zonas de baja densidad de industrias o viviendas, sometidas a viento o lluvias frecuentes. — Zonas agrícolas (sin quemado de residuos). — Zonas montañosas. 	16 mm/kV
II Medio (M)	<ul style="list-style-type: none"> — Zonas con industrias que no producen humo especialmente contaminante, y/o con densidad media de viviendas con calefacción. — Zonas con elevada densidad de industrias y/o viviendas, sometidas a viento o lluvias frecuentes. — Zonas expuestas a vientos desde el mar, pero no muy próximas a la costa (nunca menos de 1 km). 	20 mm/kV
III Fuerte (H)	<ul style="list-style-type: none"> — Zonas con elevada densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades, con elevada densidad de calefacción generando contaminación. — Zonas cercanas al mar o en cualquier caso expuestas a vientos relativamente fuertes provenientes del mar. 	25 mm/kV
IV Muy fuerte (V)	<ul style="list-style-type: none"> — Zonas (extensión moderada) sometidas a polvos conductores y a humo industrial que produce depósitos conductores particularmente espesos. — Zonas (extensión moderada) muy próximas a la costa y expuestas a pulverización salina o a vientos muy fuertes y contaminantes desde el mar. — Zonas desérticas caracterizadas por no tener lluvia durante largos períodos, expuestas a fuertes vientos que transportan arena y sal, y sometidas a condensación regular. 	31 mm/kV

FIGURA 90. LÍNEA DE FUGA ESPECÍFICA NOMINAL EN FUNCIÓN DEL NIVEL DE CONTAMINACIÓN

Se seguirá un nivel de contaminación muy fuerte por ello la mínima línea de fuga debe de ser de 31 mm/kV. Sabiendo que la tensión máxima del sistema (U_s) es 72,5 kV:

$$L_f = g \times U_m = 31 \frac{\text{mm}}{\text{kV}} \cdot 72,5 \text{ kV} = 2247.5 \text{ mm}$$

Este es el valor mínimo de línea de fuga requerido para un aislador operando a 72.5 kV en una zona de contaminación muy fuerte.

4.5.3 Tensión de servicio continuo

La tensión de funcionamiento continuo U_c del pararrayos se selecciona teniendo en cuenta que esta debe de ser mayor o igual que la tensión de funcionamiento continuo real más alta que pueda darse en la red.

En las redes con eliminación automática de los defectos a tierra, la tensión de funcionamiento continuo del pararrayos debe ser igual o superior a la tensión máxima fase-tierra multiplicada por 1,05.

$$U_c^{66} = 1.05 \cdot \frac{72,5}{\sqrt{3}} = 43.94 \text{ kV}$$

Tensión de servicio continuo debe ser superior $U_c \geq 43.94 \text{ kV}$.



4.5.4 Tensión asignada U_r

Capacidad para soportar sobretensiones temporales.

Tensión nominal o asignada (U_r) es el valor eficaz tensión a frecuencia industrial máximo que puede darse en los bornes de la autoválvula, mateniendo un funcionamiento correcto.

La tensión nominal corresponde al valor eficaz máximo de tensión a frecuencia industrial que es capaz de soportar durante 10 s (TOVc), después de haber sometido al pararrayos a los impulsos de corriente de gran amplitud o de larga duración

Los fabricantes de pararrayos proporcionan el valor de TOVc para 1 s y para 10 s

En las grandes redes, la pérdida repentina de carga puede producir sobretensiones con un valor máximo de 1.55 veces la tensión nominal, es decir:

$$TOV(10s) \geq \frac{k * U_m}{\sqrt{3}} * \left(\frac{T_t}{10}\right)^m = 1,55 * U_c = 1,55 * 41,93 = 64,8797 \text{ kV}$$

Donde,

T_t = Tiempo previsto de sobretensión temporal

k =Factor de tierra

m =Usualmente 0,02

El valor mínimo de tensión nominal se obtiene por medio del TOV (1s) que debe ser capaz de soportar el pararrayos.

El valor de la sobretensión con respecto a tierra, por defecto a tierra de una fase alcanza, entre las otras dos fases con respecto a tierra el valor del 140% de la máxima a tierra, es decir:

$$TOV(1s) \geq \frac{k * U_m}{\sqrt{3}} * \left(\frac{T_t}{10}\right)^m = \frac{1,4 * 72,5}{\sqrt{3}} = 58,6 \text{ kV}$$

4.5.5 Comprobación del nivel de sobretensiones

- Tensión de servicio continuo debe ser superior $U_c \geq 1,05 \cdot \frac{U_s}{\sqrt{3}} = 41,8578 \cdot 1,05 \geq 43,94 \text{ kV}$.
- Debe soportar una tensión de 64.88 kV durante 10 s.
- Debe soportar una tensión de 58.6 kV durante 1s.

Las autoválvulas seleccionadas serán fabricados por INAEL. Se ha seleccionado un modelo de pararrayos para la subestación tipo ZSP, que soporta los límites de tensión establecidos:



CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

Tensión Asignada (kV eficaces)	Tensión Continua Uc ⁺ (kV eficaces)	STT ⁽¹⁾		Ecuivalente al frente de onda ** (kV cresta)	Máxima sobretensión de maniobra *** (kV cresta)	Tensión residual máxima (kV cresta) Usando una onda de corriente 8/20 µseg					
		1 s (kV eficaces)	10 s (kV eficaces)			1.5 kA	3 kA	5 kA	10 kA	20 kA	40 kA
3	2.55	3.7	3.5	8.1	6.2	6.6	6.9	7.1	7.6	8.1	8.9
6	5.10	7.4	7.1	16.2	14.4	13.3	13.8	14.2	15.1	16.3	17.8
9	7.65	11.2	10.6	24.3	18.5	19.9	20.7	21.3	22.7	24.4	26.7
10	8.40	12.3	11.7	27.0	20.6	22.1	23.1	23.7	25.2	27.1	29.6
12	10.2	14.9	14.2	32.3	24.7	26.5	27.7	28.4	30.3	32.5	35.6
15	12.7	18.5	17.7	40.4	30.9	33.2	34.6	35.6	37.8	40.6	44.5
18	15.3	22.3	21.3	48.5	37.1	39.8	41.5	42.7	45.4	48.8	53.3
21	17.0	24.8	23.6	53.9	41.2	44.2	46.1	47.4	50.5	54.2	59.3
24	19.5	28.5	27.1	62.0	47.4	50.8	53.0	54.5	58.0	62.3	68.2
27	22.0	32.1	30.6	70.1	53.6	57.5	59.9	61.6	65.6	70.4	77.1
30	24.4	35.6	33.9	78.2	59.7	64.1	66.9	68.7	73.2	78.6	86.0
36	29.0	42.3	40.3	93.5	71.4	76.6	79.9	82.2	87.5	93.9	103.0
39	31.5	46.0	43.8	102	77.6	83.3	86.8	89.3	95.0	102.0	112.0
45	36.5	53.3	50.7	116	88.6	95.1	99.1	102.0	108.0	116.0	127.0
48	39.0	56.9	54.2	124	94.8	102.0	106.0	109.0	116.0	125.0	136.0
54	42.0	61.3	58.4	134	102	110.0	114.0	118.0	125.0	135.0	147.0
60	48.0	70.1	66.7	151	116	124.0	129.0	133.0	142.0	152.0	166.0
66	54.0	78.8	75.1	167	128	137.0	143.0	147.0	156.0	168.0	183.0
72	57.0	83.2	79.2	178	136	146.0	152.0	157.0	167.0	179.0	196.0
90	70.0	102	97.3	224	171	184.0	192.0	197.0	210.0	225.0	247.0
96	76.0	111	106	240	183	197.0	205.0	211.0	224.0	241.0	264.0
108	84.0	123	117	268	205	219.0	229.0	235.0	250.0	269.0	294.0
120	98.0	143	136	301	238	247.0	257.0	264.0	281.0	302.0	331.0
132	106.0	155	147	329	261	270.0	282.0	290.0	308.0	331.0	362.0
144	115.0	168	160	356	282	292.0	305.0	313.0	333.0	358.0	392.0
172	140.0	204	195	436	345	358.0	373.0	384.0	408.0	438.0	480.0
180	144.0	210	200	452	358	371.0	386.0	397.0	423.0	454.0	497.0
192	152.0	222	211	477	378	391.0	408.0	419.0	446.0	479.0	525.0

FIGURA 91 CARACTERÍSTICAS

Parámetros Autoválvula		
Tensión nominal de la red	kV	66
Tensión más elevada para el material	kV	72.5
Tensión asignada servicio continuo Uc	kV	48
Tensión asignada Ur	kV	60
Frecuencia nominal	Hz	50
Corriente nominal de descarga (onda 8/20 µs)	kA	10
Aislamiento / Contador de descarga		Goma-silicona / Individual (incluido)

TABLA 58 CARACTERÍSTICAS

4.5.6 Comprobación del margen de protección y factores de seguridad

El margen de protección (MP) debe ser superior a 33%.

$$\%MP = \left(\frac{BIL}{U_{res}} - 1 \right) * 100 = \left(\frac{325}{142} - 1 \right) * 100 = 128.87\% \geq 33\%$$

Y los factores de seguridad, según CEI 71-2:



	Rayo (ks)Rayo	Maniobra (ks)Maniobra	Temporal (ks)Temporal
1 a 52 kV	1,4	1,15	1,2
52 a 300 kV	1,2	1,15	1,2
Más de 300 kV	1,25	1,15	1,2

TABLA 59Y LOS FACTORES DE SEGURIDAD, SEGÚN CEI 71-2:

Factor de seguridad a impulso tipo Rayo (ks):

$$(k_s)_{Rayo} = \frac{BIL}{SP_{Rayo}} = \frac{325 \text{ kV}}{142 \text{ kV}} = 2.29 > 1.2$$

Factor de seguridad a sobretensión temporal (ks)Temporal:

$$(k_s)_{temporal} = \frac{PF}{SP_{Temporal}} = \frac{140 \text{ kV}}{60 \text{ kV}} = 2.333 > 1.2$$

Factor de seguridad a Maniobra: No es de aplicación debido ante nivel de aislamiento tipo B. La autoválvula seleccionada cumple todas las especificaciones.

4.5.7 Distancia de protección

En cuanto a la distancia de colocación de la autoválvula:

$$X = \frac{v \cdot (U_{max} - U_{res})}{2S} = \frac{300 \cdot (325 - 133)}{2 \cdot 1000} = 28,8 \text{ metros}$$

X = Distancia de colocación del pararrayos (metros)

V = Velocidad de transmisión de la onda en el tramo pararrayo – elemento (m/μs) 300

U_{max} = BIL del equipo a proteger

U_{res} = Tensión residual proporcionada por la autoválvula

S = Pendiente de la recta de tensión por la onda tipo rayo (KV/μs) 1000

4.6 . Transformador de medida de 66 kV

Los transformadores de medida deberán seleccionarse de forma que aseguren la independencia funcional entre los sistemas de protección y de medida, así como una precisión adecuada y una potencia suficiente para alimentar todos los equipos asociados..

4.6.1 Transformador de tensión

El transformador de tensión se seleccionará en función de la tensión nominal del sistema (66 kV), la clase de precisión requerida, la potencia de carga esperada y las condiciones de aislamiento exigidas. Deberá contar con al menos dos secundarios separados (para medida y protección), garantizar una salida estándar (110/√3 V) y mantener su carga dentro del 25–100 % de la potencia asignada. El TT deberá soportar los niveles de sobretensión según normativa (140 kV/1 min a 50 Hz y 325 kV impulso) y estar correctamente conectado a tierra en el primario y secundario.

- Transformador de tensión capacitivo: ARTECHE modelo DDB-72
- Transformador de tensión inductivo: ARTECHE modelo UTE-72



FIGURA 92 TRANSFORMADOR DE TENSIÓN

4.6.2 Transformador de intensidad

Las características del transformador de intensidad (TI) se basan en la corriente nominal de servicio y la corriente máxima de cortocircuito prevista en la subestación, garantizando que el equipo no entre en saturación bajo condiciones de falta. Se considera el factor límite de precisión (FLP) adecuado para protecciones y la clase de precisión para medida.

Siendo los valores asignados para los secundarios de los transformadores de intensidad 5A.

Intensidad primaria

$$I_p = \frac{16 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 66 \text{ kV}} = 139,96 \text{ A}$$

Comprobación de saturación

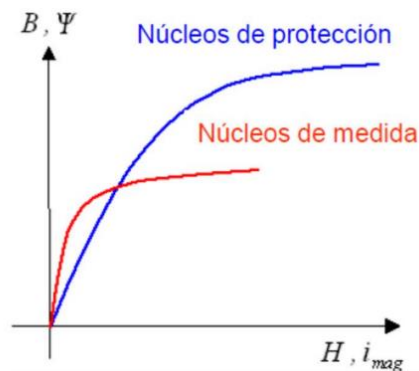


FIGURA 93 SATURACIÓN T.I

Núcleo de protección:

$$I_{cc} \leq I_p \cdot \text{FLP}$$



Donde:

Icc: Corriente de cortocircuito prevista = 31.5 kA

FLP: Factor límite de precisión

Para cumplir con la condición de protección, se requiere un FLP de 20, de manera que la intensidad nominal del T.I;

$$\text{FLP} = I_{cc} / I_p$$

De manera que,

$$I_n = 31,500 / 20 = 1575 \text{ A}$$

Por tanto, se solicita al fabricante un transformador con clase 5P20.

Clase de precisión: 5P20 (protección), 0.5 (medida).

Parámetro	Valor
Tensión máxima para el material	72.5 kV
Relación de transformación	800-2000/5-5-5 A
Clase de precisión y potencia	30 VA cl.0,5 – 5P20 (1°), 5P20 (2° y 3°)
Número de secundarios	3

FIGURA 94 CARACTERÍSTICA

4.7 Aisladores soporte

Aislador de soporte instalado en posición vertical, empleado para conductores tipo cable LA-380 sobre estructuras metálicas en una línea aérea de alta tensión.

4.7.1 Características eléctricas y línea de fuga:

Las características eléctricas y el criterio adoptado para el cálculo de la línea de fuga del aislador de soporte son equivalentes a las de los aisladores de embarrado ya especificados, por lo que no se repiten en detalle en este apartado.

4.7.2 Esfuerzo soportado por la cadena de aisladores

Para el cálculo del esfuerzo total, es necesario conocer los esfuerzos verticales y los horizontales a los que se ve sometido el conductor,

$$E_T = \sqrt{P^2 + (Fv)^2}$$

Peso de conductores, P.

En este cálculo se desprecia la curvatura por catenaria, ya que se trata de un vano corto y prácticamente recto. El conductor no cuelga libremente, sino que está apoyado sobre estructuras rígidas, con flechas muy reducidas y sin tracción significativa.

Se considera como longitud efectiva la mitad del vano más largo entre dos apartadas, en este caso, 4 metros, distancia entre módulo híbrido y soporte de aisladores. Esta se multiplica por el peso lineal del conductor.

$$P_{\text{cond}} = 1.276 \text{ kg/m}$$

$$Fv = q \cdot d \cdot 10^{-3} = 50 \cdot 25,40 \cdot 10^{-3} = 1.27$$

$$E_T = \sqrt{1.276^2 + 1.27^2} = 1.27 \text{ kg/m}$$



$$EA = ET \cdot L = 1.27 \text{ kg/m} \cdot 4 = 5.08 \text{ Kg}$$

Donde,

- Ea Esfuerzos soportados por los aisladores en Kg
- ET = Esfuerzos transmitidos por el conductor en Kg/m
- L = Distancia entre aisladores m.

El aislador a elegir debe tener una carga de rotura superior a la calculada (EA), en este caso, cumple criterio, ya que presenta una carga de rotura a flexión (SCL): 6 kN.

Aislador Poinsa referencia 32.072G.12.05.

Propiedades Eléctricas

Tensión máxima de servicio	72.5 kV
Tensión soportada a frecuencia industrial (húmedo)	140 kV
Tensión soportada impulso (rayo seco)	325 kV
Norma de referencia	IEC 61952

Propiedades Mecánicas

Carga específica a flexión (SCL)	6 kN
Carga máxima de diseño a flexión (MDCL)	2.4 kN

Propiedades Físicas

Distancia de fuga mínima	2250 mm
Distancia de arco	665 mm
Peso	12.6 kg

TABLA 60 CARACTERÍSTICAS

5. Parque 20 kV

5.1 . Número de líneas MT

De acuerdo con las Especificaciones Particulares de Endesa Distribución Eléctrica, S.L.U. para Subestaciones AT/MT (SRZ001, Edición 1ª, mayo 2019), el dimensionamiento del parque de media tensión establece un criterio aproximado de 7 MVA por línea de celdas de MT en función de la potencia del transformador.

$$\text{Número celda de línea por trafa} = \frac{16 \text{ MVA}}{7 \text{ MVA}} = 2.29 \approx 3$$

$$\text{Número celdas totales} = 3 \text{ celdas/trafo} \times 2 \text{ trafa} = 6$$

Serán 4 las líneas de salida que alimenten al polígono industrial, quedando 2 reservadas para futuro aumento de demanda.

5.2 Celdas de MT

Subestación AT/MT de 2 transformadores.

La distribución de celdas MT correspondiente será la siguiente:

(Líneas_{MTTR1})⁴ + SSAA_{TR1} + TR1 + BBCC_{TR1} + (Líneas_{MTTR1})² + Acopl. Longitudinal (Remonte con interruptor RI; Remonte con seccionador-RS) + (Líneas_{MTTR2})² + BBCC_{TR2} + TR2 + SSAA_{TR2} + (Líneas_{MTTR2})⁴

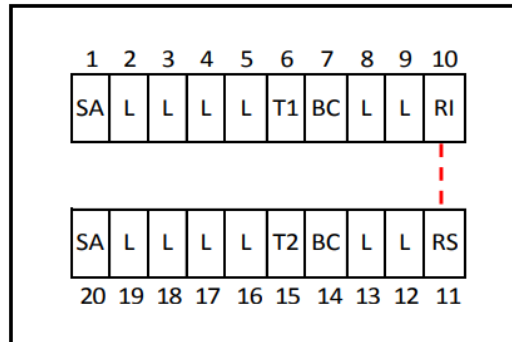


FIGURA 95. DISPOSICIÓN LÍNEAS

5.3 Características eléctricas

5.3.1 Cálculo de la Intensidad Nominal Secundaria

La intensidad nominal secundaria del transformador se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$I_{2n} = \frac{S_n}{\sqrt{3} U_{2n}}$$

Donde:

S_n : Potencia nominal en MVA del transformador de potencia.

U_{2n} : Tensión nominal en kV.

I_{2n} : Corriente nominal en A.

$$I_{2n} = \frac{16 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}} = 461,88 \text{ A}$$

5.3.2 Cálculo de la Intensidad Nominal Celda

La intensidad nominal de cada celda se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} U_n}$$

Donde:

S_n : Potencia nominal en MVA del transformador de potencia.

U_n : Tensión nominal en kV.

I_n : Corriente nominal en A.

$$I_n = \frac{7 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}} = 202,0726 \text{ A}$$



5.3.3 Poder de ruptura o desconexión

$$S_r = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_c = 360 \text{ MVA}$$

U_N = Tensión nominal

I_c = Valor eficaz de la corriente simétrica cortada

5.3.4. Poder de conexión

$$S_c = K \cdot \sqrt{6} \cdot U_N \cdot I'' = 1587.68 \text{ MVA}$$

U_N = Tensión nominal

I'' = Valor eficaz de la corriente subtransitoria

Tensión nominal (kV)	Tensión del material (kV)	Tensión tipo Rayo (kV)	Intensidad nominal secundario transformador (A)	Intensidad nominal celda (A)	Intensidad Cortocircuito (kA)	Valor instantáneo máximo Intensidad Cortocircuito (kA)
20	24	125	461,88	202.0726	20	49.796

Tabla 61. Características del parque de 20 kV

5.4 Apararmenta MT

Las celdas de MESA han sido llevadas a ensayos para garantizar los valores indicados en las características, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de su comportamiento.

Comprobación por densidad de corriente

Tiene por objetivo garantizar que el conductor indicado es capaz de conducir la intensidad nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material.

Comprobación por sollicitación electrodinámica

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito en MT para todos los transformadores:

Comprobación por sollicitación térmica

Esta tiene como objetivo asegurar que no se producirá un calentamiento excesivo de la apararmenta por defecto de un cortocircuito

5.5 Embarrado de salida del transformador

5.5.1 Sección de acuerdo con la intensidad nominal

$$I_{2n} = \frac{16 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}} = 461,88 \text{ A}$$



$$\rightarrow S_{c1} = 1000 \text{ mm}^2$$

Para esta intensidad nominal se empleará un embarrado rígido con pletinas de cobre, con las siguientes características:

Sección (mm ²)	Peso (kg)	Nº pletinas pintadas	Carga continua (A)	Wx (cm ³)	Jx (cm ⁴)
40x5	0,089	1	573	1,33	2,67

TABLA 62. CARACTERÍSTICAS DEL EMBARRADO DE SALIDA DEL TRANSFORMADOR

5.5.2 Cálculo de la sección por esfuerzos térmicos

$$\Delta t = \left(\frac{K \times I''}{I_{ccp}} \right)^2 \times T = \left(\frac{1,8 \times 5,67 \times 10^3}{5,67 \times 10^3} \right)^2 \times 0,0225 = 0,729 \text{ s}$$

$$S_c = \sqrt{\frac{k \times I_{cc}^2 \times (t + \Delta t)}{\Delta \theta}} = \sqrt{\frac{0,0058 \times 5670^2 \times (1 + 0,729)}{200}} = 40,17 \text{ mm}^2$$

Siendo:

$k = 0,0058$ para el cobre.

t = tiempo de disparo del disyuntor en segundos.

T = Oscila entre 0,3 – 0,15 segundos si el cortocircuito es tripolar.

$\Delta \theta$ = Calentamiento del conductor en grados.

$K = R/X$. Para nuestro caso 1,8.

I_{ccp} = componente permanente de la corriente de cortocircuito.

Cumple que $S_{c1} > S_c$, de manera que se empleará una pletina de cobre por fase de sección 40x5 mm².

5.5.3. Distancia de separación mínimas

$$D_f = K \cdot \sqrt{f + L} + K' \cdot D_{pp} \geq D_{(f-f)} = 16 \text{ cm}$$

$$D_{(f-t)} \geq D_{(f-t)Reg} = 16 \text{ cm}$$

Para Um de 24 kV y lista 2.

5.5.4. Sección por esfuerzos electrodinámicos

$$F = \frac{4,08 \cdot K^2 \cdot I''^2}{d} \times 10^{-8} = \frac{4,08 \cdot 1,8^2 \cdot 5670^2}{16} \cdot 10^{-8} = 0,2662 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}}$$

F: esfuerzo electrodinámico

$$E_T = \sqrt{P^2 + F^2} = \sqrt{0,089^2 + 0,2662^2} = 0,266 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}}$$

E_T : esfuerzo total



$$M = \frac{E_T \cdot L^2}{12} = \frac{0,266 \cdot 310^2}{12} = 2129,72 \text{ Kg} \cdot \text{cm}$$

M: momento flector máximo, función del empotramiento en Kg.cm y se considera viga empotrada en los extremos.

L: longitud del embarrado. En este caso corresponderá con el ancho del transformador, W=3100mm. En este caso, para la pletina de 40x5 mm², W = 1,33 cm³

$$\frac{M}{K_c} \leq W = \frac{72129,72}{1000} \leq 1,33 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Considerando que $K_c = 1.000 \text{ Kg/cm}^2$

5.5.5 Cálculo de las cadenas de aisladores

$$n = \frac{g \times U_m}{L_f} = \frac{31 \frac{\text{mm}}{\text{kV}} \cdot 24 \text{kV}}{744} = 1$$

$$E_A = E_T \times L = 0,266 \cdot 310 = 82,46 \text{ kg} = 808,96 \text{ N}$$

E_A : Esfuerzo soportado por el aislador de apoyo

Se selecciona POINSA de aisladores, el C4-125. Con línea de fuga mínima según nivel de polución CEI 60815 (mm) tipo IV: 744

5.5.6 Comprobación efecto resonancia

$$f = y \left(\frac{L}{2} \right) = \frac{p \cdot L^4}{348 \cdot E \cdot I} = \frac{0,089 \cdot 110^4}{348 \cdot 1,15 \cdot 10^6 \cdot 1,15} = 0,028$$

n_e = Número de oscilaciones por segundo

f = Flecha del embarrado en cm. p = Peso del conductor en Kg/cm

L = Longitud del embarrado entre aisladores en cm.

E = Módulo de elasticidad en Kg/cm²

I = Momento de inercia en cm

$$n_e = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{980}{f}} = 29,61 \text{ Hz} \leq 100 \text{ Hz} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

5.5.7. Comprobación efecto corona

$$U_c = \frac{29,8}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{3} \cdot m_c \cdot \delta \cdot m_t \cdot r \cdot 2.302 \cdot \log \frac{D}{r} \geq U_m$$



$$r = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 1,7841 \text{ cm}$$

$$D = DMG = \sqrt[3]{D_{12} \cdot D_{23} \cdot D_{13}} = \sqrt[3]{16 \cdot 16 \cdot 32} = 20,1587 \text{ cm}$$

$$\log p = \log 76 - \frac{50}{19342,36} = 1.88 \rightarrow P = 75.86 \text{ cmHg}$$

$$\delta = \frac{3.921 \cdot 75.86}{273 + 20} = 1.01$$

Con todo esto, la tensión disruptiva por efecto corona:

$$U_c = \frac{29,8}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{3} \cdot 0,85 \cdot 1,01 \cdot 0,8 \cdot 1,7841 \cdot 2,302 \cdot \log \frac{20,1587}{9,441} = 108,4084 \geq 24 \text{ kV}$$

Se validan todos los requisitos del embarrado.

5.6. Conductor para conexión entre bornas MT del Transformador y embarrado celda

De acuerdo con lo establecido en el apartado 7.3.1.1 de la Guía Técnica SRZ001 de Endesa, se permite la instalación de cables de media tensión mediante tendido directamente enterrado en zanja, siempre que se cumplan las condiciones de resistividad del terreno y de profundidad mínimas exigidas.

En base a ello, para la conexión de los transformadores de 16 MVA de la Subestación, se adoptará el tendido directamente enterrado como tipo de instalación, disponiendo un total de dos ternas por circuito.

Cada terna estará formada por cables de aislamiento seco XLPE aptos para servicio a 90°C de temperatura nominal, con cubierta resistente y diseño conforme a las normas UNE-EN 60228, UNE 21123-2, y demás normas aplicables.

5.6.1 Sección régimen permanente

Conforme a lo establecido en la ITC-RAT 06, se seleccionarán los conductores atendiendo a su intensidad admisible en régimen permanente, teniendo en cuenta el tipo de instalación, la temperatura ambiente, el tipo de aislamiento y las condiciones de tendido.

Se hará el cálculo para el caso más desfavorable, considerando la potencia del transformador un 20 % superior a la nominal:

$$I_{2n} = \frac{16 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}} \cdot 1.20 = 554.26 \text{ A}$$

La instalación se diseñará con dos ternas por circuito, por lo que la corriente se divide en dos vías, resultando:

$$I_{\text{por Terna}} = \frac{554,26}{2} \approx 277,13 \text{ A}$$

Factores de corrección

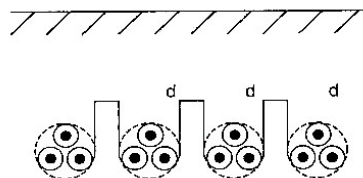
Instalación directamente enterrada, 2 ternas en contacto mutuo ($d = 0 \text{ cm}$)

→ Factor de corrección: 0,76

$$I_{\text{adm mínima}} = \frac{277}{0,76} \approx 365 \text{ A}$$

Tipo de instalación		Separación de los ternos	Factor de corrección								
			Número de ternos de la zanja								
			2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cables directamente enterrados	En contacto ($d=0 \text{ cm}$)		0,76	0,65	0,58	0,53	0,50	0,47	0,45	0,43	0,42
	$d = 0,2 \text{ m}$		0,82	0,73	0,68	0,64	0,61	0,59	0,57	0,56	0,55
	$d = 0,4 \text{ m}$		0,86	0,78	0,75	0,72	0,70	0,68	0,67	0,66	0,65
	$d = 0,6 \text{ m}$		0,88	0,82	0,79	0,77	0,76	0,74	0,74	0,73	-
	$d = 0,8 \text{ m}$		0,90	0,85	0,83	0,81	0,80	0,79	-	-	-
Cables bajo tubo	En contacto ($d=0 \text{ cm}$)		0,80	0,70	0,64	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,49
	$d = 0,2 \text{ m}$		0,83	0,75	0,70	0,67	0,64	0,62	0,60	0,59	0,58
	$d = 0,4 \text{ m}$		0,87	0,80	0,77	0,74	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68
	$d = 0,6 \text{ m}$		0,89	0,83	0,81	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	-
	$d = 0,8 \text{ m}$		0,90	0,86	0,84	0,82	0,81	-	-	-	-

FIGURA 96 TABLA 10, ITC-RAT 06, CABLES DIRECTAMENTE ENTERRADOS EN CONTACTO.



De manera que la sección del cable,



Tabla 6. Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV directamente enterrados

Sección (mm ²)	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	125	96	130	100	135	105
35	145	115	155	120	160	125
50	175	135	180	140	190	145
70	215	165	225	170	235	180
95	255	200	265	205	280	215
120	290	225	300	235	320	245
150	325	255	340	260	360	275
185	370	285	380	295	405	315
240	425	335	440	345	470	365
300	480	375	490	390	530	410
400	540	430	560	445	600	470

Ya que,

$$I_{\text{admisible CU 185}} = 380 \text{ A} > I_{\text{adm mínima}} = 365 \text{ A}$$

5.6.2 Intensidad máxima admisible para el cable en cortocircuito

El tiempo máximo de duración del cortocircuito deberá ser proporcionado por EDE.

Los valores de cortocircuito máximo admisibles de los conductores especificados en el presente proyecto tipo se detallan en la tabla:

Intensidad asignada de corta duración 1s. (Límite térmico) (kA)	Valor de cresta de la intensidad de cortocircuito admisible asignada (Límite dinámico) (kA)
16	40
20 (*)	50 (*)

$$I_{cc3 \text{ Adm}} = K \cdot \frac{S}{\sqrt{t_{cc}}}$$

Donde:

I_{cc}, corriente de cortocircuito trifásico en hipótesis adiabática, en amperios.

K, densidad de corriente admisible para un cortocircuito de 1 segundo. Para el cobre con aislamiento XLPE. K=143 A/mm².

Tabla 25. Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito, en A/mm², para conductores de cobre

Tipo de aislamiento	Δθ* (K)	Duración del cortocircuito, t _{cc} , en segundos									
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
PVC: sección ≤ 300 mm ² sección > 300 mm ²	90	363	257	210	162	148	115	93	81	72	66
	70	325	229	187	145	132	102	83	72	65	59
XLPE, EPR y HEPR U ₀ /U _s > 18/30 kV	160	452	319	261	202	184	143	116	101	90	82
HEPR U ₀ /U _s ≤ 18/30 kV	145	426	301	246	190	174	135	110	95	85	78

S, sección del conductor en mm²

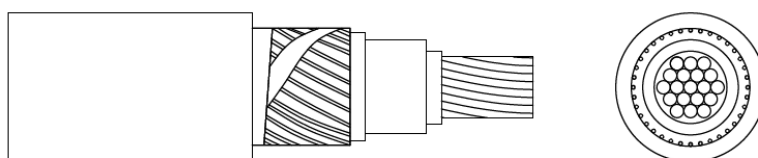
tcc, tiempo de cortocircuito en segundos

Se comprobará que la intensidad de cortocircuito para el cálculo de la red, 20 kA, que será inferior a la intensidad de cortocircuito admisible en los conductores según la duración de este.

$$I_{cc3 adm} = 143 \times \frac{185}{\sqrt{1}} = 25.7 \text{ kA}$$

$$I_{cc3 adm} = 25.70 \text{ kA} > I_{cc red} = 20 \text{ kA}$$

Para esta instalación, se ha seleccionado el cable X-VOLT RHZ1 Cu / OL / 2OL de sección 185 mm² Cu y tensión asignada 12/20 (24) kV, de acuerdo con el catálogo del fabricante Top Cable,



Sección (mm ²)	DIMENSIONES				Peso (Kg/Km)	DATOS ELÉCTRICOS		INTENSIDADES MÁXIMAS	
	Ø Cond. (mm)	Ø Ais. (mm)	Ø Ext. (mm)	X (Ω/km a 50 Hz)		C (μzF/km)	Al aire (40°C) (A)	Enterrados (25°C) (A)	
1x35	7,4	19,8	27,9	959	0,143	0,160	185	155	
1x50	8,0	20,4	28,5	1082	0,139	0,168	220	180	
1x70	9,9	22,3	30,8	1340	0,130	0,192	275	225	
1x95	11,3	23,7	32,2	1622	0,125	0,209	335	265	
1x120	13,0	25,4	34,5	1921	0,120	0,230	385	300	
1x150	14,2	26,6	35,7	2202	0,117	0,244	435	340	
1x185	15,8	28,2	37,3	2598	0,113	0,264	500	380	
1x240	18,5	30,9	40,0	3176	0,108	0,296	590	440	
1x300	20,3	32,7	41,8	3760	0,105	0,318	680	490	
1x400	25,5	37,9	47,0	4739	0,098	0,380	790	560	
1x500	26,2	38,6	47,7	5683	0,097	0,389	930	630	
1x630	30,7	43,1	52,2	7167	0,093	0,443	1110	720	

5.7 Conductor para conexión de salidas de Línea, Batería de Condensadores y Reactancias

Conforme a los requisitos de la compañía, se empleará conductor de Al de sección 2400mm².

5.8 Autoválvulas de 20 kV

De acuerdo con el apartado 4.4 de la guía SRZ001, con objeto de evitar sobretensiones “se instalarán pararrayos en la entrada de las líneas y en la parte de AT y MT de los transformadores”.

Las características de los pararrayos toman como referencia la norma EDE GSH005.

De acuerdo con la ITC-MIE-RAT 12 para un nivel de tensión de 20

Tensión nominal del sistema U_n (kV)	Tensión máxima del sistema U_s (kV)	Tipo de conexión de neutro	Tensión máxima del material U_m (kV)	BIL del material (kV)	Nivel de contaminación
20	24	Rígido a tierra	24	95	Fuerte

Tabla 63. Características ZONA AT

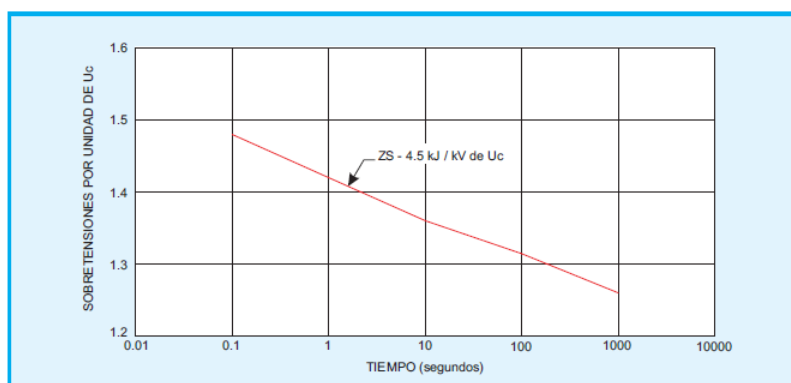
Los criterios de diseño siguen la norma UNE-EN IEC 60099-5:2018.

5.8.1 Corriente nominal (I_n) y clase de descarga de la línea.

Tensión nominal del sistema U_n	Tensión máxima del sistema U_s	Clasificación de pararrayos (I_n)					
		5 kA	10 kA			20 kA	
			Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
$U_n \leq 66$ kV	$U_s \leq 72,5$ kV	•	•	•			
66 kV < $U_n \leq 220$ kV	$72,5$ kV < $U_s \leq 245$ kV			•	•		
220 kV < $U_n \leq 380$ kV	245 kV < $U_s \leq 420$ kV				•	•	
$U_n > 380$ kV	$U_s > 420$ kV					•	

La corriente nominal de descarga se selecciona en función de la corriente esperada de tipo rayo. En redes con $U_s \leq 72,5$ kV, se asigna una corriente de 5 o 10 kA, siendo recomendable optar por la corriente nominal más alta cuando la tensión de la red es mayor o la probabilidad de impacto de rayos es elevada (> 1 impacto/año·km²).

En el caso de Peligros, como se puede apreciar en la siguiente imagen, la densidad de impactos en terreno, en n°imp/km²,año es de 1.5. Siguiendo lo que establecido en el CEI 99-5, se empleará asignará 10 kA clase 2.



5.8.2 Línea de fuga

Nivel de contaminación	Descripción	Línea de fuga específica nominal mínima mm/kV
I Ligero (L)	<ul style="list-style-type: none"> — Zonas sin industrias y baja densidad de viviendas con calefacción. — Zonas de baja densidad de industrias o viviendas, sometidas a viento o lluvias frecuentes. — Zonas agrícolas (sin quemado de residuos). — Zonas montañosas. 	16 mm/kV
II Medio (M)	<ul style="list-style-type: none"> — Zonas con industrias que no producen humo especialmente contaminante, y/o con densidad media de viviendas con calefacción. — Zonas con elevada densidad de industrias y/o viviendas, sometidas a viento o lluvias frecuentes. — Zonas expuestas a vientos desde el mar, pero no muy próximas a la costa (nunca menos de 1 km). 	20 mm/kV
III Fuerte (H)	<ul style="list-style-type: none"> — Zonas con elevada densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades, con elevada densidad de calefacción generando contaminación. — Zonas cercanas al mar o en cualquier caso expuestas a vientos relativamente fuertes provenientes del mar. 	25 mm/kV
IV Muy fuerte (V)	<ul style="list-style-type: none"> — Zonas (extensión moderada) sometidas a polvos conductores y a humo industrial que produce depósitos conductores particularmente espesos. — Zonas (extensión moderada) muy próximas a la costa y expuestas a pulverización salina o a vientos muy fuertes y contaminantes desde el mar. — Zonas desérticas caracterizadas por no tener lluvia durante largos períodos, expuestas a fuertes vientos que transportan arena y sal, y sometidas a condensación regular. 	31 mm/kV

FIGURA 97. LÍNEA DE FUGA ESPECÍFICA NOMINAL EN FUNCIÓN DEL NIVEL DE CONTAMINACIÓN

Como se estableció, se seguirá un nivel de contaminación muy fuerte por ello la mínima línea de fuga debe de ser de 31 mm/kV. Sabiendo que la tensión máxima del sistema (U_s) es 24 kV:

$$L_f = g \times U_m = 31 \frac{\text{mm}}{\text{kV}} \cdot 24 \text{ kV} = 744 \text{ mm}$$

Este es el valor mínimo de línea de fuga requerido para un aislador operando a 20 kV en una zona de contaminación muy fuerte.

5.8.3 Tensión de servicio continuo

La tensión máxima del sistema es de 72,5 kV. Su tensión de funcionamiento continuo con respecto a tierra es:

$$U_c^{20} = \frac{24}{\sqrt{3}} = 13,8564 \text{ kV}$$

5.8.4 Tensión asignada U_r

Capacidad para soportar sobretensiones temporales.

$$TOV(10s) \geq \frac{k * U_m}{\sqrt{3}} * \left(\frac{T_t}{10}\right)^m = 1,55 * U_c = 1,55 * 13,8564 = 21,4774 \text{ kV}$$

Donde,

Tt= Tiempo previsto de sobretensión temporal

k=Factor de tierra

m=Usualmente 0,02



El valor mínimo de tensión nominal se obtiene por medio del TOV (1s) que debe ser capaz de soportar el pararrayos.

:

$$TOV(1s) \geq \frac{k * U_m}{\sqrt{3}} * \left(\frac{T_t}{10}\right)^m = \frac{1.4 * 24}{\sqrt{3}} = 19,3990 \text{ kV}$$

5.8.5 Comprobación del nivel de sobretensiones

- Uc: $13,8564 \cdot 1.05 \geq 14,55 \text{ kV}$.
- TOV(10s) 21,48 kV durante 10 s.
- TOV(1s) 19,4 kV durante 1s.

Se obtará por el fabricante INAEL, modelo ZS:

Tensión Asignada Ur (kV eficaces)	Tensión Continua Uc* (kV eficaces)	STT **		Ecuivalente al frente de onda ** (kV cresta)	Máxima sobretensión de maniobra *** (kV cresta)	Tensión residual máxima (kV cresta) Usando una onda de corriente 8/20 µseg						
		1 s (kV eficaces)	10 s (kV eficaces)			1.5 kA	3 kA	5 kA	10 kA	15 kA	20 kA	40 kA
3	2.55	3.7	3.5	7.4	5.7	6.5	6.8	6.9	7.3	7.7	8.0	8.6
6	5.10	7.4	7.1	14.7	11.3	13.1	13.5	13.9	14.6	15.5	16.1	17.2
9	7.65	11.1	10.6	22.1	17.0	19.6	20.3	20.8	21.8	23.2	24.1	25.8
10	8.40	12.2	11.6	24.5	18.9	21.8	22.5	23.2	24.3	25.8	26.8	28.7
12	10.2	14.8	14.1	29.4	22.6	26.2	27.0	27.8	29.1	31.0	32.1	34.4
15	12.7	18.4	17.6	36.8	28.3	32.7	33.8	34.7	36.4	38.7	40.1	43.0
18	15.3	22.2	21.2	44.1	34.0	39.3	40.5	41.7	43.7	46.5	48.2	51.6
21	17.0	24.7	23.5	51.5	39.6	45.8	47.3	48.6	51.0	54.2	56.2	60.2
24	19.5	28.3	27.0	56.4	43.4	50.2	51.8	53.3	55.8	59.2	61.5	65.9
27	22.0	32.0	30.4	63.7	49.1	56.7	58.5	60.2	63.1	67.2	69.6	74.5
30	24.4	35.4	33.8	71.1	54.7	63.3	65.3	67.1	70.4	74.9	77.6	83.1
36	29.0	42.1	40.1	84.1	64.8	74.9	77.3	79.5	83.3	88.7	91.8	98.4
39	31.5	45.8	43.6	91.5	70.4	81.4	84.1	86.4	90.6	96.4	100	107
45	36.5	53.0	50.5	107	82.4	95.3	98.3	101	106	113	117	125
48	39.0	56.7	54.0	113	86.8	100	104	107	112	119	123	132
54	42.0	61.0	58.1	118	90.7	105	108	111	117	124	129	138
60	48.0	69.7	66.4	134	103	120	123	127	133	142	147	157
66	54.0	78.4	74.7	151	116	134	139	143	149	159	165	177
72	57.0	82.8	78.9	160	124	143	147	152	159	169	175	188
90	70.0	102	96.9	199	153	177	183	188	197	210	217	233
96	76.0	110	105	218	168	194	200	206	216	230	238	255
108	84.0	122	116	235	181	210	216	222	233	248	257	275
120	98.0	142	136	273	224	243	251	258	271	288	298	320
132	106	154	147	302	248	269	277	285	299	318	329	353
144	115	167	159	321	263	286	295	303	318	338	350	375
168	131	190	181	370	303	329	340	349	366	390	404	432
172	140	203	194	391	321	348	359	370	387	412	427	457
180	144	209	199	403	330	359	370	381	399	425	440	471
192	152	221	210	424	348	378	390	401	420	447	463	496
228	180	261	249	521	428	464	479	493	516	550	569	610
240	190	276	263	537	452	478	494	508	532	566	586	628

FIGURA 98 INAEL AUTOVALVULA

Parámetros Autoválvula		
Tensión nominal de la red	kV	20
Tensión más elevada para el material	kV	24
Tensión asignada servicio continuo Uc	kV	17
Tensión asignada Ur	kV	21
Frecuencia nominal	Hz	50



Corriente nominal de descarga (onda 8/20 μ s)	kA	10
Tensión residual máxima (kV cresta) (onda 8/20 μ s)	kV	51
Aislamiento / Contador de descarga		Goma-silicona / Individual (incluido)

TABLA 64 PARÁMETROS AUTOVÁLVULA

5.9.6 Comprobación del margen de protección y factores de seguridad

$$\%MP = \left(\frac{BIL}{U_{res}} - 1 \right) * 100 = \left(\frac{95}{51} - 1 \right) * 100 = 86\% \geq 33\%$$

Factores de seguridad, según CEI 71-2:

	Rayo (ks)Rayo	Maniobra (ks)Maniobra	Temporal (ks)Temporal
1 a 52 kV	1,4	1,15	1,2
52 a 300 kV	1,2	1,15	1,2
Más de 300 kV	1,25	1,15	1,2

TABLA 65 FACTORES DE SEGURIDAD

Factor de seguridad a impulso tipo Rayo (ks)

$$(k_s)_{Rayo} = \frac{BIL}{SP_{Rayo}} = \frac{95 \text{ kV}}{51 \text{ kV}} = 1.86 > 1.4$$

Factor de seguridad a sobretensión temporal (ks):

$$(k_s)_{temporal} = \frac{PF}{SP_{Temporal}} = \frac{55 \text{ kV}}{21 \text{ kV}} = 2.62 > 1.2$$

Factor de seguridad a Maniobra: No es de aplicación debido ante nivel de aislamiento tipo B.
La autoválvula seleccionada cumple todas las especificaciones.

5.9.7. Distancia de protección

$$X = \frac{v \cdot (U_{max} - U_{res})}{2S} = \frac{300 * (95 - 51)}{2 * 1000} = 6,6 \text{ metros}$$

Donde,

X = Distancia de colocación del pararrayos (metros)

V = Velocidad de transmisión de la onda en el tramo pararrayo – elemento (m/ μ s) 300U_{max} = BIL del equipo a protegerU_{res} = Tensión residual proporcionada por la autoválvula



$S =$ Pendiente de la recta de tensión por la onda tipo rayo (KV/ μ s) 1000

5.9 Baterías de condensador MT

Con el fin de optimizar los niveles de tensión en la red eléctrica, se implementarán bancos de condensadores. Estos equipos contribuirán a disminuir el flujo de potencia reactiva, aliviar la carga en las líneas y transformadores, y reducir las pérdidas técnicas.

Por defecto será instalada una batería por transformador AT/MT.

Los datos necesarios para la elección de las baterías según el nivel de tensión instalado se podrán consultar en las normas de referencia SNE041 y SND009.

Tensión red	Potencia batería (MVA _r)				
66 kV	28.8				
30 kV / 25 kV / 20 kV	2.4	4	6		
15 kV / 13,2 kV / 11 kV / 10 kV	2	3	4	5	6

FIGURA 99. BATERÍA DE CONDENSADORES EN MT EN FUNCIÓN DE LA TENSIÓN DE RED Y POTENCIA

El cálculo de la potencia de la batería se realiza considerando las pérdidas a plena carga del transformador.

Sin embargo, como criterio general y debido a que el dimensionamiento de las baterías se hace en función de los niveles de carga esperados, se puede hacer una aproximación de la potencia a instalar tomando un 10% de la potencia nominal del transformador,

$$Q_{batería} = 0,10 \times S_{transformador}$$

Donde:

- $Q_{batería}$: Potencia reactiva de la batería de condensadores (MVA_r).
- $S_{transformador}$: Potencia nominal del transformador (MVA).

Potencia nominal del transformador: 16 MVA

$$Q_{batería} = 0,10 \times 16 = 1,6MVA_r$$

De acuerdo a las especificaciones particulares de Endesa, se instalará una batería de condensadores de 2.4 MVA_r por cada transformador de 16 MVA, garantizando una compensación adecuada de potencia reactiva y contribuyendo a la mejora del perfil de tensión en la red.

6. Sistemas de servicios auxiliares

El sistema de servicios auxiliares estará compuesto por el equipamiento necesario para cubrir las necesidades de alimentación en corriente alterna y continua, de forma que se garantice el grado de seguridad y duplicidad exigido a la instalación.

Las tensiones nominales de los distintos equipos a alimentar, y su tolerancia admisible, son las siguientes:

APLICACIÓN	
Motores de los accionamientos	
- De los interruptores	125 V c.c. (+10% -15%)
- De los seccionadores (en c.a.)	400/230 V c.a. ($\pm 10\%$)
Motores trifásicos refrigeración transformadores	400/230 V c.a. ($\pm 10\%$)
Sistema de control local	125 V c.c. (+10% -15%)
Equipo de mando transformadores	230 V c.a. ($\pm 15\%$)
Equipos de protección, control y telecontrol	125 V c.c. (+15% -20%)
Sistema Telecomunicaciones	48 V c.c. (+10% -20%)
Resistencias de caldeo	230 V c.a. ($\pm 15\%$)

Figura 100. Tensiones nominales y tolerancias admisibles

Fuente: SRZ001

6.1 Conductor para conexión de Servicios Auxiliares

Se emplearán los conductores especificados en la guía SRZ001, 3xAL 95 mm²

6.2 Servicios auxiliares de corriente alterna

El suministro en corriente alterna se realizará mediante dos transformadores con relación de transformación 20/0,4 kV y potencia nominal de 250 kVA cada uno.

La salida en baja tensión de estos transformadores se conectará a sendos armarios TSA1 y TSA2, desde donde se derivará la alimentación al cuadro general de distribución de alterna (A03).

Entre las cargas previstas que operan en C.A. se incluyen: iluminación (tanto interior como exterior), climatización, tomas de fuerza, sistemas de refrigeración, cargadores de baterías para sistemas de C.C. (125 V y 48 V), así como otros subsistemas como protección contra incendios, vigilancia o control de accesos.

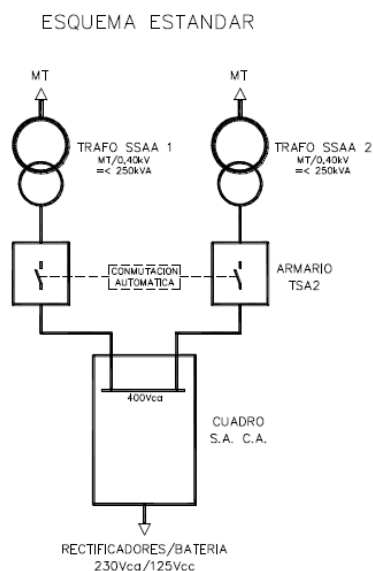


TABLA 66 SERVICIOS CORRIENTE ALTERNA

6.3 Servicios auxiliares de corriente continua

Para el suministro en corriente continua, se dispondrán dos sistemas de baterías autónomos de 125 V C.C., identificados como Batería 1 y Batería 2.

Cada una contará con un rectificador asociado, ubicado en su correspondiente armario, y una capacidad unitaria de 100 Ah, cumpliendo con los criterios establecidos por la norma técnica SNC001 para módulos de alimentación en C.C.

El cuadro de distribución de corriente continua (A04) estará compuesto por un armario que recibirá alimentación desde:

Dos módulos rectificador-batería pertenecientes al sistema de Batería 1 (A01)

Un módulo rectificador-batería correspondiente a Batería 2 (A02)



FIGURA 101 ESQUEMA

7. Puesta a tierra

7.1 Cálculo tierras inferiores

El presente apartado tiene como finalidad llevar a cabo el estudio y dimensionamiento de la red principal de puesta a tierra de la Subestación SET Asegra 66/20 kV. Los objetivos fundamentales del análisis son:

- Establecer el esquema de diseño de la red de tierras a implantar en la subestación, determinando asimismo la sección mínima adecuada tanto para la malla enterrada como para los conductores de conexión a tierra.
- Verificar que las tensiones de paso y de contacto se encuentren dentro de los valores máximos permitidos por la normativa técnica aplicable, garantizando así la seguridad de personas y equipos.
-

7.1.1 Estimación de la resistividad

Para el diseño del sistema de puesta a tierra de la subestación, es fundamental conocer la resistividad del terreno en el que se realizará la instalación. Para ello, se emplearía el método de Wenner. Este

método consiste en la inserción de cuatro electrodos (picas) en línea recta, separados entre sí una distancia igual a (en metros), tal como se indica en la siguiente disposición:

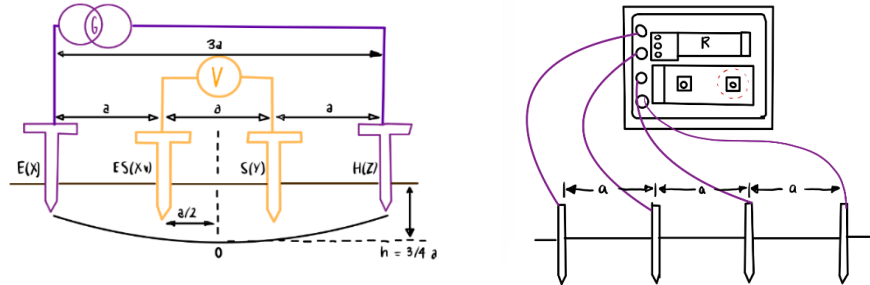


FIGURA 102. MÉTODO DE WENNER

Dado que el presente trabajo corresponde a un proyecto académico, no se realiza la ejecución física de la obra ni se cuenta con acceso al emplazamiento real ni al instrumental necesario (telurómetro, electrodos, etc.) para efectuar la medición in situ.

Por esta razón, la resistividad del terreno no se obtiene experimentalmente, sino que se trabajará en base a valores teóricos estimados.

Peligros se encuentra en la Vega de Granada, una zona caracterizada por suelos aluviales compuestos principalmente por arcillas, limos y arenas por lo que se empleará un valor de $100\Omega/m$.

7.1.2 Resistividad superficial

La colocación de una capa superficial de alta resistividad sobre la malla de tierra, con un espesor comprendido entre 0,10 y 0,15 m, contribuye significativamente a reducir la corriente que podría circular por el cuerpo humano en caso de contacto eléctrico.

Como decisión técnica, el terreno de la subestación estará cubierto de una capa de 10cm de espesor de grava en las zonas donde no existan viales, así como en el exterior de la SET, hasta un metro, junto al murete de hormigón.

De manera que la resistividad equivalente será:

$$C_s = 1 - 0.106 \left[\frac{1 - \frac{\rho}{\rho^*}}{2h_s + 0.106} \right] = 0.665 \quad [1]$$

$$\rho_s = \rho^* \cdot C_s = 1995,42$$

Donde:

C_s → Factor de disminución de la capa superficial.

ρ → Resistividad del terreno en $\Omega\cdot m$.

ρ_s → Resistividad del material de la capa superficial en $\Omega\cdot m$.

h_s → espesor de la capa superficial en m

7.1.3 Procedimiento de diseño

Duración de la falla / choque eléctrico	$t_f = t_c$	0,5 segundos
Profundidad de enterramiento de la malla	h	0,8 metros
Área de la subestación	A	$58 \times 47\text{m}^2$
Material del conductor	—	Cobre recocido
Temperatura ambiente	T_o	40°C
Espesor de la capa de gravilla	h_s	0,10 m
Resistividad superficial (gravilla)	ρ_s	$1995,42\Omega \cdot \text{m}$

7.1.4 Dimensionado de la malla

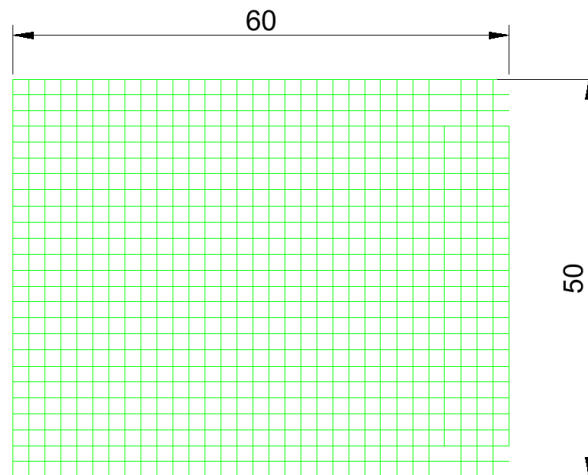
Longitud total de conductores enterrados

FIGURA 103. MALLA DE PUESTA A TIERRA

$$L = n \cdot A + m \cdot B = 25 \cdot 50 + 30 \cdot 60 = 3185 \text{ m}$$

Donde,

A= Longitud de la malla (m).

B= Ancho de la malla(m).

L= Longitud total del conductor (m).

n= Número de conductores en paralelo de longitud A

m= Número de conductores en paralelo de longitud B.

7.1.5 Dimensionamiento de conductores de línea de tierra

Los conductores destinados a la puesta a tierra tienen como función interconectar todos los elementos y estructuras metálicas presentes en la subestación que deben estar referenciados al potencial de tierra. Según lo establecido en la instrucción técnica MIE RAT-13, se indica que la sección mínima



recomendada para estos conductores es de 50 mm², suponiendo una temperatura máxima de 200 °C al final de la falla.

No obstante, si se demuestra que no existe riesgo de incendio, puede permitirse que la temperatura se eleve hasta 300 °C, en cuyo caso la sección calculada inicialmente puede reducirse dividiéndola por un factor de 1,2, siempre y cuando se respeten las secciones mínimas reglamentarias.

$$S_{MIE,RAT-13} = \frac{I_{CC}}{\delta_{CU} \cdot 1,2} = 164.06 \text{ mm}^2$$

Siendo,

$$\delta_{CU} = 160 \frac{A}{\text{mm}^2}$$

Según la norma UNE IEE Std 80-2000, la sección del conductor de puesta a tierra, puede calcularse con la siguiente expresión:

$$S_{IEEE \text{ Std } 80-2000} = \frac{I_{CC}}{\sqrt{\left(\frac{TCAP \cdot 10^{-4}}{t \cdot \rho \cdot \alpha}\right) \cdot \ln \ln \left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}\right)}} = \frac{31.5}{\sqrt{\left(\frac{3.42 \cdot 10^{-4}}{0.5 \cdot 1.72 \cdot 0.00393}\right) \cdot \ln \left(\frac{234 + 300}{234 + 40}\right)}} = 121.25 \text{ mm}^2$$

Endesa en su Guía SRZ001, establece una sección mínima a emplear de:

$$\rightarrow S_{normalizada} = 95 \text{ mm}^2$$

Por lo que se empleará una sección de 185 mm².

Tabla 3. Constantes de los materiales conductores [1]

DESCRIPTION	Material conductivity (%)	α_r factor at 20°C (1/°C)	K_0 at 0°C (°C)	Fusing temperature T_m	ρ_r 20°C ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)	TCAP thermal capacity [$\text{J}/(\text{cm}^3 \cdot \text{°C})$]	Kf
Copper, annealed soft-drawn	100	0,00393	234	1083	1,72	3,42	7

(Parámetros cogidos del modelo del conductor catálogo INDECO, Tipo: Cu DESNUDO)

7.1.6 Dimensionamiento de conductores de malla.

$$S_{MIE,RAT-13} = \frac{I_{CC}}{\delta_{CU} \cdot 1,2} = 164.06 \text{ mm}^2$$



FIGURA 104 MALLA PAT

Se empleará el mismo conductor para la malla y la línea de tierra, de sección 185 mm²-

7.1.7 Resistencia de tierra

La resistencia de la malla, tal y como establece la se calcula mediante la siguiente expresión,

$$R_{UNE,IEEE Std 80-2000} = \rho \cdot \left[\frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20 \cdot A}} \cdot \left(1 + \frac{1}{1+h \cdot \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right] = 0.82 \Omega$$

Donde:

L → Longitud total de conductores enterrados en m.

ρ → Resistividad del terreno Ω -m.

A → Área ocupada por la malla de tierra m².

H → Profundidad de la malla en m.

Anchura de la superficie de la malla:	60	m
Longitud de la superficie de la malla:	50	m
Anchura de la celda de la malla	2	m

TABLA 67 PROPIEDADES MALLA

7.1.8 Corriente de defecto a tierra

La corriente de cortocircuito más desfavorable es la que tiene lugar en el embarrado de 66 kV con un valor de 31.5 kA.

En caso de falta, no toda la corriente de defecto se deriva a tierra. Parte circula por la malla de p.a.t y otra por los hilos de guarda y pantallas de cables subterráneos.

Los cálculos se realizarán mediante las prescripciones del MIE.RATT13 (metodología de UNE, IEEE Std 80T2000).

Al haber dos líneas de entrada idénticas, la corriente de cortocircuito que circula por ellas será la mitad de la total.

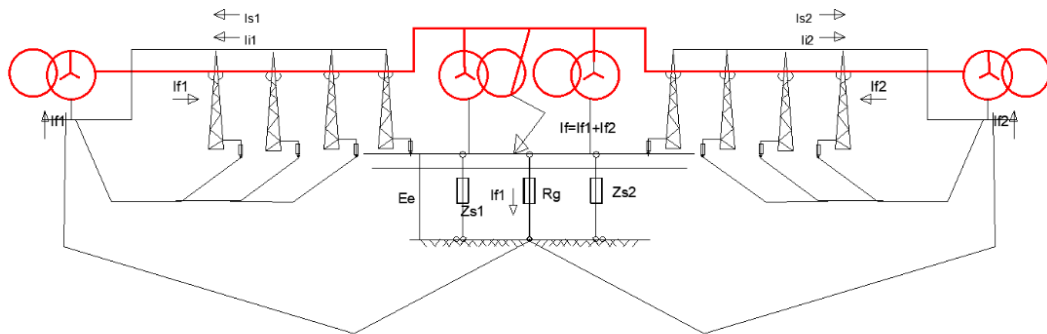


FIGURA 105. ESQUEMA DE CORTOCIRCUITO

Además, las respectivas líneas de entrada presentarán cables de guarda con las siguientes características:

- Conductor de tierra, AC50, (50-ST1A).
 - Sección resistente: 49,48 mm².
 - Diámetro del conductor AC50: 9,12 mm.
 - Resistividad del acero: 0,19 Ω·mm²/m.
 - Permeabilidad magnética relativa del acero, $\mu_r = 75$.

CABLE DE TIERRA	N.º CABLES	Ra (ohm)	Zs (Ω)	Factor P
ACERO T-50	1	20	4,7	0,89

TABLA 68. CARACTERÍSTICAS DEL CABLE AÉREO DE TIERRA

Intensidad de defecto		If	31.5 kA		
		If1	15.75 kA		
		If2	15.75 kA		
Hilo de tierra línea 1					
ACERO T-50	P	0,89	Zs	4,7	Ω
Hilo de tierra línea 2					
ACERO T-50	P	0,89	Zs	4,7	Ω
CORRIENTE POR INDUCCIÓN					
li1=if1*(1-p)		1.73 kA			
li2=if2*(1-p)		1.73 kA			
Sumatorio		28.035 kA			
RESISTENCIA DE LA MALLA					
R	0.822				
RESISTENCIA TOTAL DE LA P.A.T					

$\frac{1}{R_T} = \frac{n}{Z_s} + \frac{1}{R}$	
$1/R_T$	1.64
R_T	0,609
INTENSIDAD DE DEFECTO POR LA MALLA	
I_g	21,48 kA

TABLA 69. OBTENCIÓN DE LA CORRIENTE DE DEFECTO A TIERRA

7.1.9 Tensión de paso y de contacto

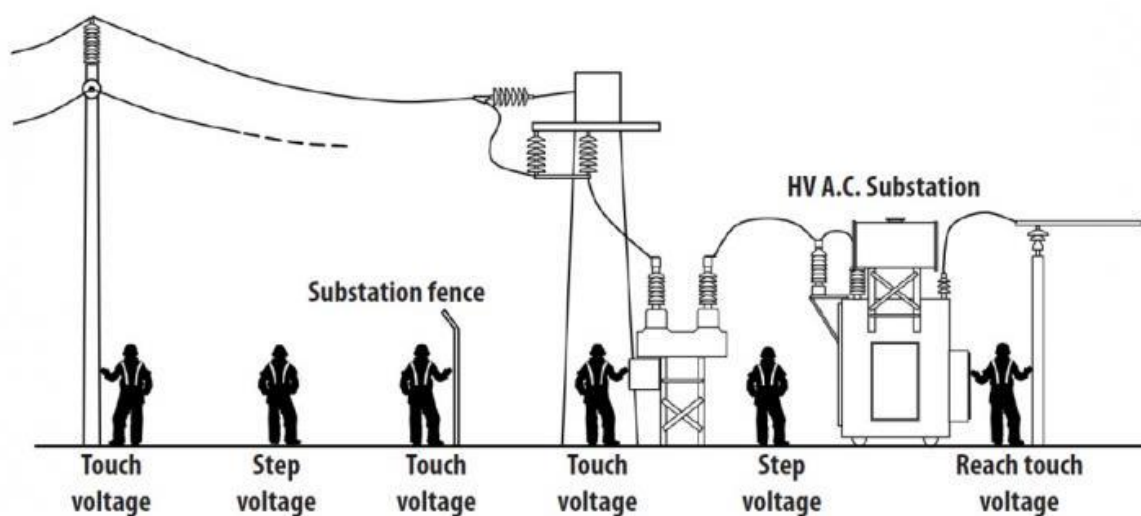


FIGURA 106 TENSIONES PASO Y CONTACTO

7.1.10 Criterios de tensiones de paso y de contacto tolerables

7.1.11 Valores máximos admisibles

Dichos valores son los reglamentarios acogidos en la instrucción MIE RAT-13

- Tensión de paso

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left[1 + \frac{2 R_{a1} + 6 \rho_s}{Z_b} \right] = 34624V$$

Donde,

- U_c , es la máxima tensión de contacto admisible en la instalación en V.
- U_{ca} , es la tensión de contacto aplicada admisible, tensión a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre una mano y los pies.
- R_{a1} , es la resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante. Se puede emplear como valor 2000 Ω .



- $R_{a2}=6\rho_s$, es la resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno de un pie.
- Z_B = Impedancia del cuerpo humano. Se considerará un valor de 1000Ω .

➤ Tensión de contacto

$$U_c = U_{ca} \cdot \left[1 + \frac{R_{a1} + 1,5\rho_s}{1000} \right] = 1018,6 \text{ V}$$

Donde,

Duración de la corriente de falta, t(s)	Tensión de contacto aplicada admisible, Uca (V)
0,05	735
0,10	633
0,20	528
0,30	420
0,40	310
0,50	204
1,00	107
2,00	90
5,00	81
10,00	80
> 10,00	50

FIGURA 107. VALORES ADMISIBLES DE UCA EN FUNCIÓN DE LA CORRIENTE DE LA FALT

7.1.12 Valores reales de tensión IEEE 80-2000

$$E_{CONTACTO \text{ Teórica UNE IEEE}} = \rho \cdot K_m \cdot K_i \cdot \left(\frac{I_g}{L_M} \right) = 272,755 \text{ V}$$

Donde: K_m → Valor geométrico de espaciamento de la malla, calculado:

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

$$\frac{1}{2\pi} \cdot \left[\ln \left[\frac{1^2}{16 \cdot 0,8 \cdot 0,0055} + \frac{(2 + 2 \cdot 0,8)^2}{8 \cdot 2 \cdot 0,0055} - \frac{h}{4d} \right] + \frac{K_{ii}}{K_h} \cdot \ln \left[\frac{8}{\pi \cdot (2 \cdot 31,6 - 1)} \right] \right] = 0,215$$

Para mallas con varillas de tierra a lo largo del perímetro, o para mallas con varias varillas de tierra en las esquinas, así como para ambas, $K_{ii} = 1$; donde K_{ii} es un factor de corrección que ajusta los



efectos de los conductores sobre la esquina de la malla. Para mallas sin varillas de tierra, o sólo unas pocas, ninguna localizada en las esquinas o sobre el período:

$$K_{ii} = \frac{1}{(2n)^{2/n}} = 0,844$$

K_h es un factor de corrección que tiene en cuenta los efectos de la profundidad de la malla, dado por:

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}} = 1,3416$$

$H_0 = 1\text{m}$

K_i es el factor de irregularidad y se define como:

$$K_i = 0.644 + 0.148 \cdot n = 5.32$$

n representa el número de conductores paralelos de una malla rectangular equivalente, y está dado por:

$$n = \sqrt{n^{\circ} \text{ conductores eje X} \cdot n^{\circ} \text{ conductores eje Y}} = \sqrt{37 \cdot 27} = 31.6$$

$$E_{PASO \text{ Teórica UNE IEE}} = \rho \cdot K_s \cdot K_i \cdot \left(\frac{I_g}{L_M} \right) = 771,35 \text{ V}$$

Donde:

E_p = Tensión de paso real en voltios.

k_s = Coeficiente que tiene en cuenta, la influencia combinada de la profundidad y del espaciamiento de la malla.

k_i = Coeficiente de irregularidad del terreno.

ρ = Resistividad del suelo ($\Omega\text{-m}$)

I = Corriente máxima de falla (Amp)

L = Longitud total del conductor (m)

$$K_s = \frac{1}{2\pi} \cdot \left[+ \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} \cdot (1 - 0,5^{N-2}) \right] = 0.471$$

7.1.13 Comprobación

Tipo de Tensión	Máxima admisible (MIE-RAT-13) [V]	Calculada [V]	Cumple (Sí/No)
Tensión de contacto (U_c)	34624.00	771.35	Sí
Tensión de paso (U_p)	1018.60	318.13	Sí

TABLA 70 COMPROBACIÓN TENSIONES



7.2 Red de tierra superior

Según el método de las esferas rodantes:

Según el cual, la intensidad de impulso permitida viene dada por la expresión,

$$I_s = \frac{1,1 \cdot U_s}{Z_s/2} = \frac{2,2 \cdot U_s}{Z_s}$$

$$I_s = 1.67 \text{ kA}$$

donde:

- U_s Tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo.
- Z_s Impedancia de onda vista por la descarga atmosférica.
- 1,1 factor a tener en cuenta para la reducción de la corriente de impacto que termina en un conductor en c

Siendo la distancia crítica de cebado S ,

$$S = 8 \cdot k \cdot I_s^{0.65} = 13.55 \text{ m}$$

donde:

- k es el coeficiente cuyo valor depende de la zona de impacto del rayo.
- $k=1$; para descargas sobre cables o directas a tierra.
- $k=1,2$; para descargas sobre poste (puntas Franklin).

La altura a la que será necesario instalar el sistema protector será igual a S .

7.2.1 Cálculo de impedancia equivalente.

La impedancia de onda de una línea de transmisión puede asimilarse a su impedancia característica:

$$Z_s = 60 \cdot \sqrt{\ln\left(\frac{2 \cdot h}{R_c}\right) \ln\left(\frac{2 \cdot h}{r}\right)}$$

$$Z_s = 453.58 \Omega$$

donde:

h Altura media de los conductores sobre el suelo, 7 (m).

R_c Radio corona general (m), determinado por:

$$R_c = \frac{U_s \text{ (kV)}}{1500 \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot h}{R_c}\right)}$$

$$R_c = 0.02540 \text{ m}$$

- Tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo (U_s): 345 kV
- r Radio equivalente del conductor (m). (Dependerá del número de conductores de la formación).
-

$$r_{eq} = r_{conductor} \times (D^2 \times r_{conductor})^{1/3} = 0.00164 \text{ m}$$

- Separación entre conductores del haz (D): 0,45 m

- Radio de un conductor LA-380: 0,01213 m

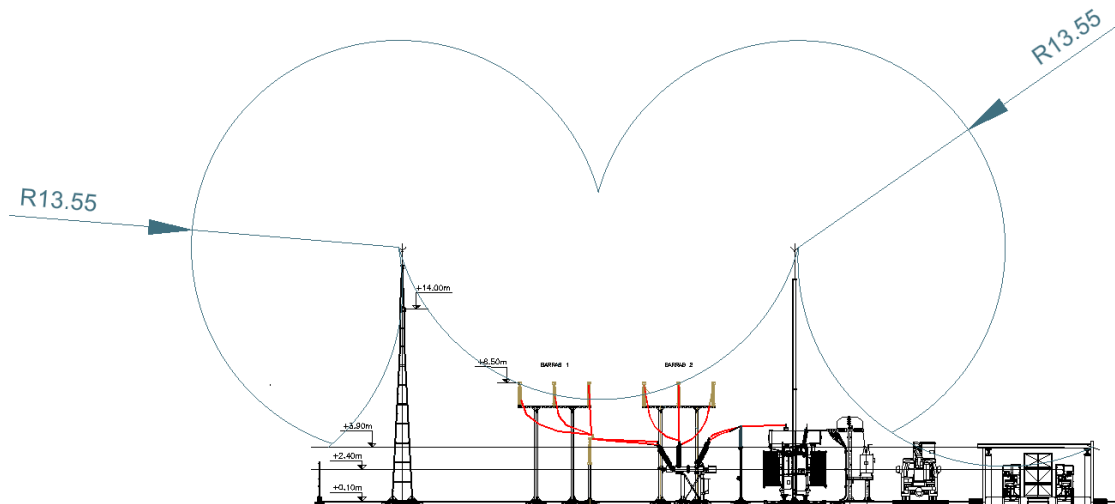


FIGURA 108 RADIO ESFERAS

8. Sistema protección y control

En este apartado tiene se describirá la arquitectura, características y criterios de implementación del Sistema Integrado de Control y Protección (SICP), que será instalado en la subestación 66/20 kV objeto de este proyecto. Este sistema asegura la supervisión, telecontrol y protección de todos los equipos y posiciones de la subestación, cumpliendo las especificaciones de Endesa Distribución y la normativa vigente.

Para ello, se recurrirá al sistema de la empresa INGETEAM.

8.1 Arquitectura del SICP

El SICP está diseñado con arquitectura distribuida y dos niveles jerárquicos:

- Nivel de Instalación: Incluye los equipos y sistemas que afectan globalmente a la subestación.
- Nivel de Posición: Integra los equipos específicos de cada posición eléctrica (línea, transformador, barra).

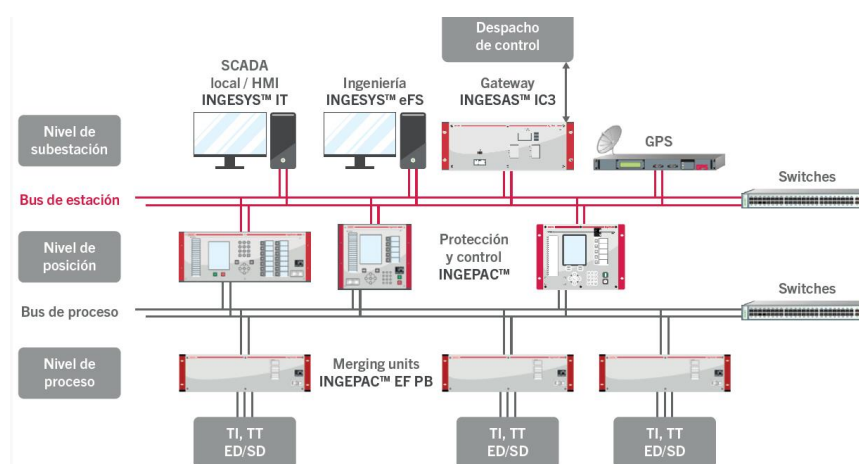


FIGURA 109 FUNCIONAMIENTO SICP SET
FUENTE: INGETEAM.

8.2 Nivel de Instalación

Equipos principales:

- Unidad de Control de Subestación (UCS):

Dispositivo inteligente que actúa como núcleo operativo y pasarela de comunicaciones de la subestación. Integra en un único equipo las funciones de supervisión, adquisición de datos, automatización y telecontrol, orquestando la coordinación entre los Centros de Control, las Unidades de Control de Posición (UCP) y los terminales locales (HMI/SCADA).

Mediante protocolos normalizados —principalmente IEC 61850, IEC 60870-5-101/104 y DNP3— la UCS centraliza los mandos, consolida la base histórica de eventos y medidas, y distribuye la sincronización horaria de alta precisión, garantizando un gobierno unificado, seguro y redundante de toda la instalación.

El equipo que integra es el Gateway INGESAS™ IC3 (Ingeteam)

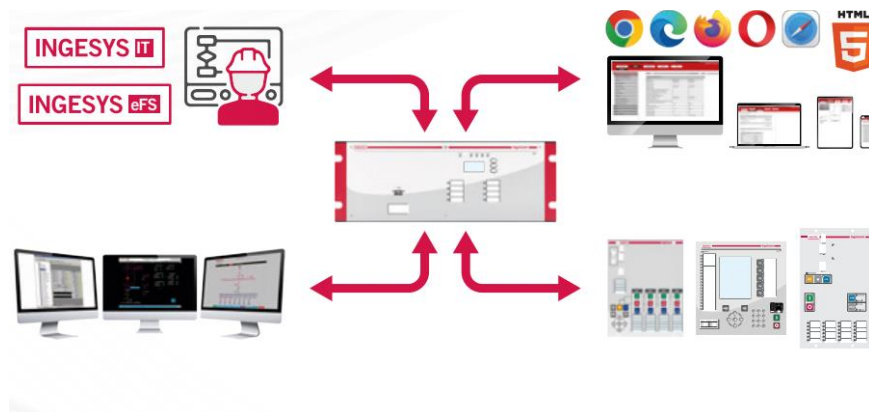


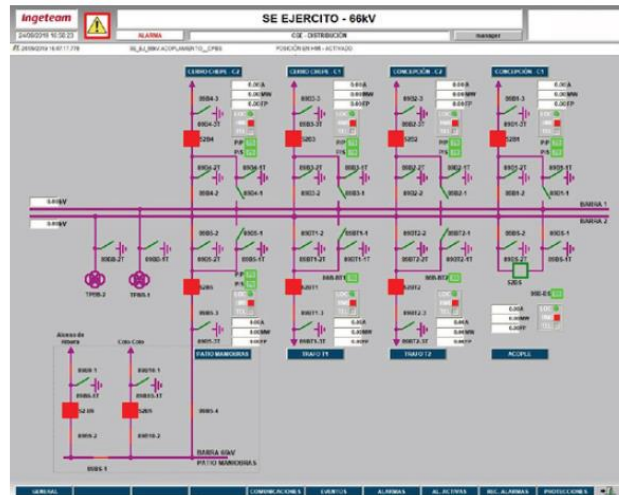
FIGURA 110 FUNCIONAMIENTO UCS
FUENTE: INGETEAM.

- Terminal de Operación Local:

Equipo: INGESYS™ IT (plataforma HMI/SCADA local de Ingeteam)

Permite:

Visualización en vivo de la red unifilar, medidas y estados.



Unifilar de la subestación

FUENTE: INGTEAM.

Mando seguro de interruptores/seccionadores y activación de automatismos.

Notificación de alarmas vía correo electrónico o SMS según calendario y criticidad.

Históricos completos (eventos, medidas) con búsqueda avanzada y exportación.

Diagnóstico de red y salud de IED (latencia PRP/HSR, pérdida de paquetes, etc.).

Gracias a estas funciones, INGESYS IT satisface íntegramente los requerimientos del Terminal de Operación Local establecidos por Endesa y se integra de forma nativa con la UCS y las UCPs dentro del SICP.

- Terminal de Teleacceso:

El Terminal de Teleacceso es la pasarela segura que enlaza la subestación con los sistemas corporativos de análisis de incidencias y telemantenimiento de Endesa (red EDE).

8.3 Nivel de Posición

Equipos principales:

- Unidades de Control de Posición (UCP):

Ubicadas en los armarios de cada posición (línea, transformador, barras...), en planos referenciados con P0X.



FIGURA 111 ARMARIO UCP
FUENTE: INGTEAM.

Equipos multifunción que integran funciones de protección, control y medida según necesidades. Comunicación con UCS mediante protocolos IEC 60870-5-103 o DNP3.0, y con el Terminal de Teleacceso mediante IEC 61850.

8.3.1. Funciones protectivas y relés

Las funciones protectivas de cada posición serán implementadas mediante Relés Multifunción, seleccionados según los siguientes criterios:

En posiciones de MT, los RMF estarán en la propia celda; en posiciones de AT, en armarios de protección específicos, como se indica en el plano correspondiente.

8.3.1.1 Posiciones AT

Circuitos AT

Las funciones protectivas para los circuitos de alta tensión (AT) deben agruparse en dos niveles y, siempre que sea posible, implementarse mediante relés multifunción de diferentes marcas y modelos, de acuerdo con las especificaciones de la compañía distribuidora.

Esta estrategia garantiza la selectividad, redundancia y fiabilidad en la protección de las posiciones de línea y cable de la subestación.

De acuerdo con la especificación SRZ001 de Endesa, para una posición de línea-cable deberán implementarse las siguientes funciones protectivas principales:

FUNCIONES PROTECTIVAS PRINCIPALES	
87L	Diferencial longitudinal, fases segregadas
21	Distancia
25	Sincronismo
79	Reenganchador
49	Imagen Térmica
51	Máxima intensidad no direccional de fases
67N	Máxima intensidad direccional de tierras
51N	Máxima intensidad no direccional de tierras
3	Vigilancia de bobinas
	Localizador de defectos
	Oscilografía

FIGURA 112 ANSI AT

Adicionalmente, el sistema de protección deberá contemplar las funciones protectivas secundarias,

FUNCIONES PROTECTIVAS SECUNDARIAS	
21	Distancia
51	Máxima intensidad no direccional de fases
67N	Máxima intensidad direccional de tierras
51N	Máxima intensidad no direccional de tierras
25	Sincronismo
79	Reenganchador
49	Imagen Térmica
3	Vigilancia de bobinas
	Localizador de defectos
	Discordancia de polos
	Oscilografía

FIGURA 113 ANSI SECUNDARIAS

Se ha optado por la instalación de dos relés multifunción de diferentes fabricantes y modelos INGEPAC™ EF-LD como protección principal y SIPROTEC 4 7SD52/53 de Siemens como protección secundaria, en cumplimiento de la especificación SRZ001 de Endesa.

A continuación, se presenta la relación de funciones ANSI implementadas por este equipo, que permite verificar el cumplimiento de todas las protecciones exigidas según la normativa aplicable. La información que se muestra se ha extraído del catálogo oficial del fabricante:

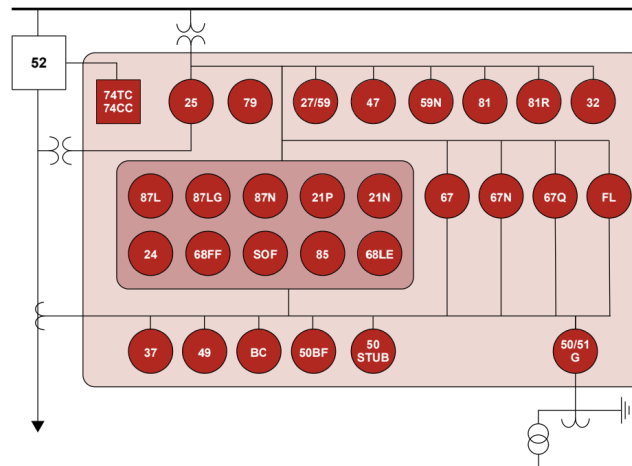
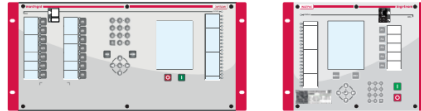


FIGURA 114. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL INGEPAC™ EF-LD



Funciones de protección 87, 87LG, 87N Sobrexcitación V/f y 5 ^º armónico Supervisión direccional Error CT Detector de saturación Compensación de carga Función 86 21 Cuadrangular y MHO 21 Alta velocidad Extensión zona 1 Adaptación líneas dobles,	compensación serie y líneas con transformadores capacitivos 3x50/51 (67), 50N/51N (67N) 50G/51G 46TOC (67Q), 46IOC(67Q) 46FA Fase abierta 50 CSC Frenado 2 ^º armónico Bloqueo 2 ^º y 5 ^º armónico SOTF Cierre sobre falta 27, 59, 59N, 47 81M/m, 81 ROCOF 37 Subintensidad	49 Imagen térmica 32 Potencia Tacón 85 Teleprotección (21, 67/67Q) 68ZC, 68FF 78 Oscilación de potencia 25 Sincronismo 79 mono/tripolar 50 BF Fallo de interruptor (mono/tripolar) Localizador de faltas Supervisión del Interruptor
---	--	--

HMI local
 Display 4,9"
 Pantallas gráficas configurables
 Botón I/O/L/R
 19 leds
 Teclado



Sincronización
 IEEE 1588 v2
 IRIG-B
 SNTP

Comunicaciones
 Protocolos: IEC 61850, IEC 60870-5-103/104, DNP3, Modbus, PROCOME
 Redundancia: PRP, HSR, Fallo D-link, modo switch
 Servicios web: HTTP/HTTps, FTP/sFTP, SSH

Adquisición de datos
 SOE (1000), faltas (20)
 Oscilografía (12 canales analógicos y 100 digitales)
 Medidas: I, V, P, U, Q, f, T^º, distancia la falta, etc.

El relé secundario seleccionado es el SIPROTEC 4 7SD52/53 de Siemens.



Fig. 7/42
 SIPROTEC 4
 7SD52/53 differential protection relay

FIGURA 115. SIPROTEC 4 7SD52/53

ANSI	Protection functions	ANSI	Protection functions
87L	ΔI for lines /cables	85/67N	Teleprotection for earth(ground)-fault protection
87T	ΔI for lines /cables with transformers	50/50N/51/51N	Overcurrent protection
87N	Low impedance restricted ground-fault protection for transformers	50HS	Instantaneous high-current tripping (switch-onto-fault)
8S	Phase-selective intertrip, remote trip	59/27	Overvoltage/undervoltage protection
8G	Lockout function	81O/U	Over/underfrequency protection
21/21N	Distance protection	25	Synchro-check
FL	Fault locator	79	Single or three-pole auto-reclosure with new adaptive technology
68/68T	Power swing detection/tripping	49	Overload protection
85/21	Teleprotection for distance protection	50BF	Breaker-failure protection
27W1	Weak-infeed protection	74TC	Trip circuit supervision
50N/51N/67N	Directional earth(ground)-fault protection	50 STUB	STUB-bus overcurrent stage

FIGURA 116. TABLA DEL FABRICANTE DEL SIPROTEC 4 7SD52/53

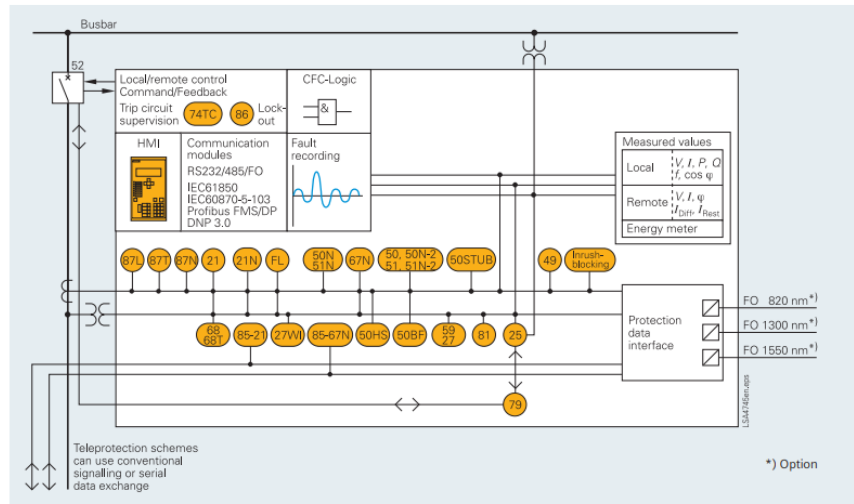


FIGURA 117. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL SIPROTEC 4 7SD52/53

Barras AT

De acuerdo con la especificación SRZ001 de Endesa, para las barras de alta tensión (AT) y el acoplamiento transversal se deberán instalar dos grupos de funciones protectivas, implementados, si es posible, mediante dos únicos relés multifunción.

Las funciones de protección obligatorias para barras son:

FUNCIONES DE PROTECCION DE BARRAS	
87B	Diferencial de barras
50s-62	Fallo de Interruptor
	Oscilografía

FIGURA 118 ANSI BARRAS

Así mismo, para la protección de interruptores se contemplan las siguientes funciones:

FUNCIONES DE PROTECCION DE INTERRUPTOR	
3	Vigilancia de bobinas
25	Sincronismo
	Oscilografía

FIGURA 119 ANSI INTERRUPTOR

El relé multifunción seleccionado para la protección de barras de alta tensión, modelo INGEPAC™ EF-MD.

A continuación, se presenta la relación de funciones ANSI implementadas por este equipo, que permite verificar el cumplimiento de todas las protecciones exigidas según la normativa aplicable. La información que se muestra se ha extraído del catálogo oficial del fabricante:

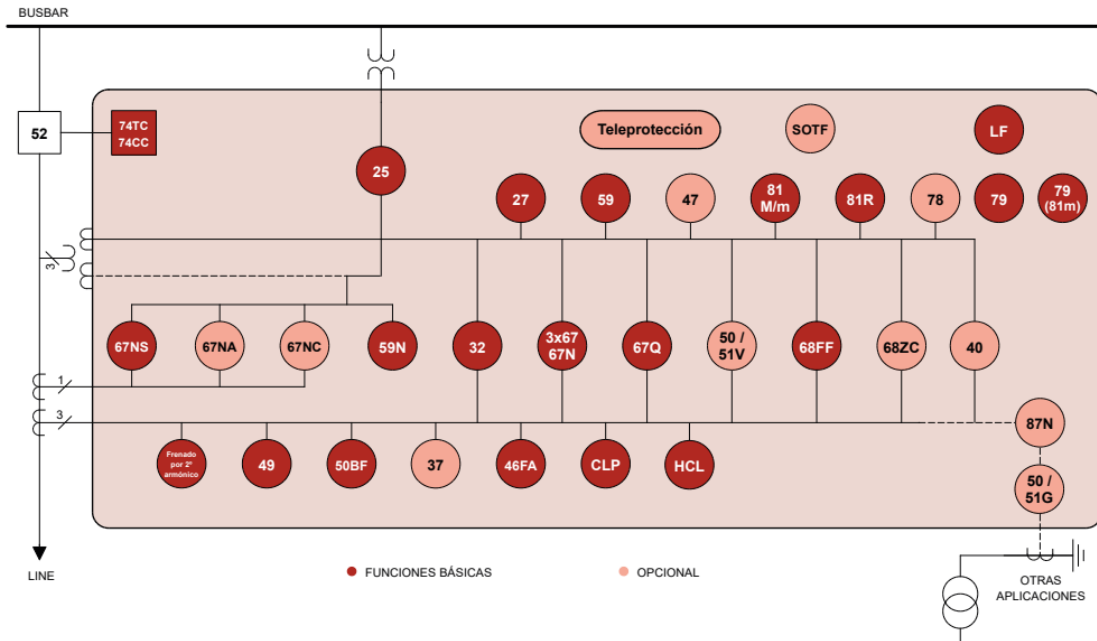


Figura 120. Diagrama de funcionamiento del INGEPACTM EF-MD

Funciones de protección

Funciones

- 3x50/51 (67), 50N/51N (67N)
- 50NS/51NS (67NS)
- 50G/51G*
- 67NA*, 67NC*
- 46TOC (67Q), 46IOC(67Q)
- 46FA Fase abierta
- 50 CSC Frenado 2º armónico
- SOTF Cierre sobre falta*
- 27, 59, 59N, 47
- 81M/m, 81 ROCOF
- 37 Subintensidad*
- 49 Imagen térmica
- 32 Unidades de potencia
- 78 Salto vector*

- 40 Pérdida de campo*
- HCL, CLP
- 51V Sobreintensidad por tensión*
- 87N Tierra restringida*
- 50BF Fallo de interruptor
- 85 Teleprotección (67/67Q)*
- 68ZC*, 68FF
- 25 Sincronismo
- 79, 79 (81m)
- Localizador de faltas*
- Supervisión del interruptor
- Opcional
- 49T Sobretemperatura RTD (con módulo 11 RTD y 4 SA)

Adquisición de datos

SOE (1000), faltas (20)

Oscilografía: 12 analógicos y 100 digitales

Medidas: I, V, P, U, Q, f, Tº, distancia la falta, etc.

Análisis de calidad: huecos y sobretensiones, THD, armónicos (15)

Funciones ANSI INGEPACTM EF-MD



Transformadores

Las funciones protectoras se realizarán, a ser posible, mediante dos relés multifunción, de diferente marca y modelo. Además de las funciones realizadas por los relés multifunción, se tendrán que tener en cuenta las protecciones propias de las máquinas transformadoras, éstas son:

49	Imagen térmica
63	Gases transformador
63	Gases regulador de tomas
63L	Válvula sobrepresión cuba transformador
63L	Sobrepresión cambiador de tomas
	Termómetro / termostato aceite
	Detección circulación de aceite

FIGURA 121 ANSI TRANSFORMADORES

En el caso de los transformadores AT/MT se tendrá:

FUNCIONES PROTECTIVAS PRINCIPALES	
87T	Diferencial de transformador
50/51 F-N AT	Sobreintensidad a tiempo dependiente (curva, tiempo definido) y sobreintensidad instantánea (3 fases + neutro) AT
51G AT	Sobreintensidad a tiempo dependiente (curva) puesta a tierra neutro AT
51 F-N MT	Sobreintensidad (3 fases + neutro) a tiempo dependiente (curva, tiempo definido) MT
51G MT	Sobreintensidad a tiempo dependiente (curva, tiempo definido) puesta a tierra neutro MT
50/51G MT	Detector intensidad impedancia puesta a tierra MT
81m	Subfrecuencia
81df/dt	Derivada de frecuencia
59N MT	Sobretensión homopolar (a tiempo definido) MT
49 Zpat MT	Imagen térmica impedancia puesta a tierra neutro MT
3	Vigilancia de Bobinas
	Oscilografía

FIGURA 122 ANSI PRIMARIA

FUNCIONES PROTECTIVAS SECUNDARIAS	
87T	Diferencial de transformador
50/51 F-N AT	Sobreintensidad a tiempo dependiente (curva, tiempo definido) y sobreintensidad instantánea (3 fases + neutro) AT
51G AT	Sobreintensidad a tiempo dependiente (curva) puesta a tierra neutro AT
51 F-N MT	Sobreintensidad (3 fases + neutro) a tiempo dependiente (curva, tiempo definido) MT
51G MT	Sobreintensidad a tiempo dependiente (curva, tiempo definido) puesta a tierra neutro MT
50/51G MT	Detector intensidad impedancia puesta a tierra MT
81m	Subfrecuencia
81df/dt	Derivada de frecuencia
59N MT	Sobretensión homopolar (a tiempo definido) MT
49 Zpat MT	Imagen térmica impedancia puesta a tierra neutro MT
3	Vigilancia de Bobinas
	Oscilografía

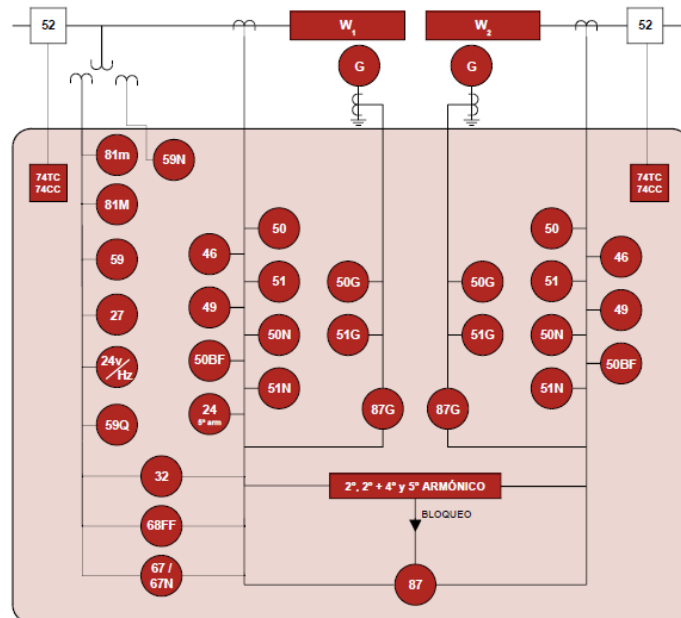
FIGURA 123 ANSI SECUNDARIA

Para garantizar la máxima seguridad y selectividad en la protección del transformador, se han dispuesto dos equipos de protección diferenciados:

Protección principal:

Como protección principal se selecciona el relé INGEPAC™ EF TD,

El INGEPAC™ EF TD implementa las siguientes funciones de protección ANSI solicitadas:



Funciones de protección

Funciones

- 87 Protección diferencial porcentual e instantánea
- 87N Protección de tierra restringida
- Frenado y bloqueo por 2º, 3º, 4º y 5º armónico
- 24 Sobreexcitación 5º armónico
- 24 Sobreexcitación V/f
- 3x50/51 (67), 50N/51N (67N)
- 50G/51G
- 46TOC (67Q), 46IOC(67Q)
- 27, 59, 59N, 59Q, 47
- 81M/m, 81 ROCOF
- 49 Imagen térmica
- 49T Sobretemperatura RTD
- 32 Unidades de potencia
- CLP
- 51V Sobreintensidad por tensión
- 50BF Fallo de interruptor
- 68FF
- 79 Reenganchador

Adquisición de datos

- SOE (1000), faltas (20)
- Oscilografía: 12 canales analógicos y 100 digitales
- Medidas: I, V, P, U, Q, f, T³, etc.

HMI Local

- Display 4,9"
- Pantallas gráficas configurables
- Botones I/O/L/R
- 19 leds
- Teclado

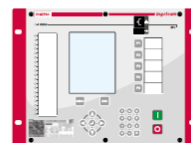
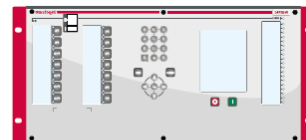


FIGURA 124 ANSI

Para la protección secundaria de transformador y la supervisión avanzada de la instalación, se ha seleccionado el relé 7UT6 de Siemens.



FIGURA 125. SIEMENS 7UT6

A continuación, se presenta la relación de funciones ANSI implementadas por este equipo, que permite verificar el cumplimiento de todas las protecciones exigidas según la normativa aplicable. La información que se muestra se ha extraído del catálogo oficial del fabricante:

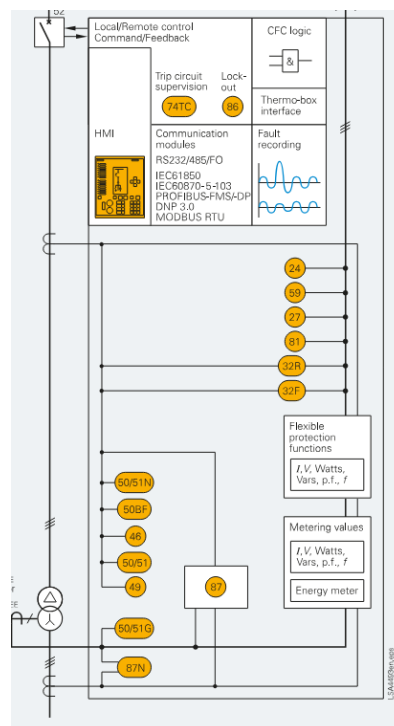


FIGURA 126. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL SIEMENS 7UT6



Application										
Protection functions	ANSI No.	7UT612			Three-phase transformer	Single-phase transformer	Auto-transformer	Generator/Motor	Busbar, 3-phase	Busbar, 1-phase
		7UT613/33	7UT613/33	7UT613/33						
Differential protection	87T/G/M/L	1	1	1	X	X	X	X	X	X
Earth-fault differential protection	87 N	1	2	2	X	X	X*)	X	-	-
Overcurrent-time protection, phases	50/51	1	3	3	X	X	X	X	X	-
Overcurrent-time protection $3I_0$	50/51N	1	3	3	X	-	X	X	X	-
Overcurrent-time protection, earth	50/51G	1	2	2	X	X	X	X	X	X
Overcurrent-time protection, single-phase		1	1	1	X	X	X	X	X	X
Negative-sequence protection	46	1	1	1	X	-	X	X	X	-
Overload protection IEC 60255-8	49	1	2	2	X	X	X	X	X	-
Overload protection IEC 60354	49	1	2	2	X	X	X	X	X	-
Overexcitation protection *) V/Hz	24	-	1	-	X	X	X	X	X	X
Overvoltage protection *) V>	59	-	1	-	X	X	X	X	-	-
Undervoltage protection *) V<	27	-	1	-	X	X	X	X	-	-
Frequency protection *) $f >$, $f <$	81	-	1	-	X	X	X	X	-	-
Reverse power protection *) -P	32R	-	1	-	X	X	X	X	-	-
Forward power protection *) P>, P<	32F	-	1	-	X	X	X	X	-	-
Fuse failure protection	60FL	-	1	-	X	X	X	X	-	-
Breaker failure protection	50 BF	1	2	2	X	X	X	X	X	-
External temperature monitoring (thermo-box)	38	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lockout	86	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Measured-value supervision		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Trip circuit supervision	74 TC	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Direct coupling 1		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Direct coupling 2		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Operational measured values		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Flexible protection functions	27, 32, 47, 50, 55, 59, 81	-	12	12	X	X	X	X	X	X

Posiciones MT

Para las posiciones de media tensión (MT) de la subestación, se instalará un único relé multifunción por posición, encargado de cubrir todas las funciones de protección, medida y automatización requeridas por la normativa aplicable.

Estos relés multifunción estarán ubicados en el cajón de baja tensión de cada celda de MT, integrados en el propio armario o compartimento de la celda suministrada por el fabricante MESA. De este modo, cada posición de línea, acoplamiento, transformador o servicios auxiliares dispondrá de su propio equipo de protección, configurado y cableado en fábrica para facilitar la puesta en marcha, el mantenimiento y la explotación de la instalación.

Circuito

51F	Sobreintensidad de fases, curva
51F, TD	Sobreintensidad de fases, tiempo definido
50F	Sobreintensidad de fases, instantánea
51N	Sobreintensidad de neutro, curva, sumatorio 3TT/I fases
51N TD	Sobreintensidad de neutro, tiempo definido, sumatorio 3TT/I fases
50N	Sobreintensidad de neutro, instantáneo, sumatorio 3TT/I fases
46	Desequilibrio entre fases/fase abierta
67F	Sobreintensidad de fases: direccional curva, tiempo definido, instantáneo
67N1	Sobreintensidad de neutro: direccional curva, tiempo definido, instantáneo, sumatorio 3TT/I fases
67N2	Sobreintensidad de neutro sensible: direccional curva, tiempo definido, instantáneo, Tierra resistente, toroidal neutro
51NS	Sobreintensidad de neutro sensible: curva, tiempo definido, Tierra resistente, toroidal neutro
79	Reenganchador
59B	Automatismo Cogenerador
3	Vigilancia circuitos de disparo
	Oscilografía
	Recepción de disparo externo

FIGURA 127 ANSI CIRTCUITO

En este proyecto se ha seleccionado el relé multifunción INGEPAC™ EF LD

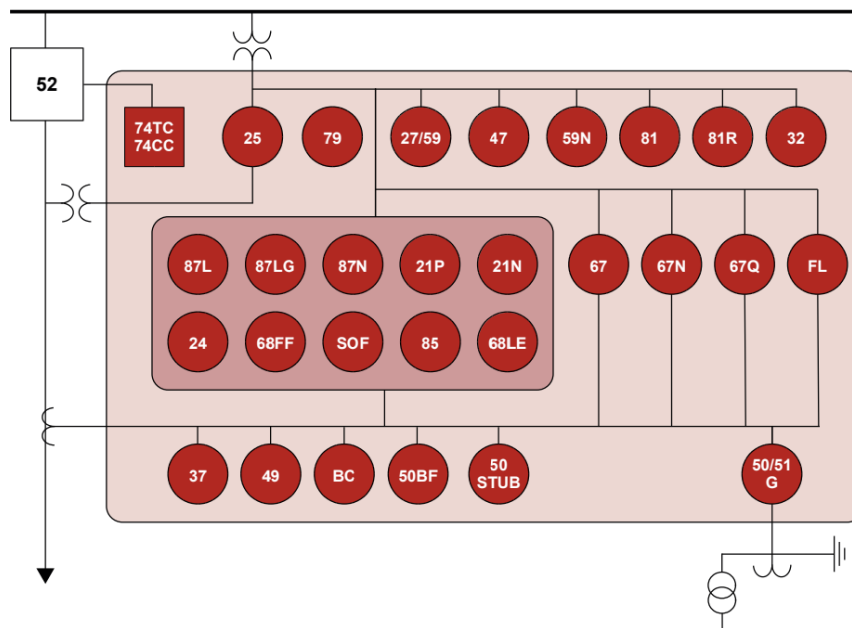
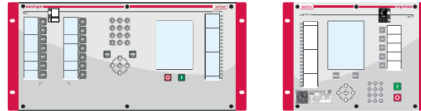


Figura 128. Diagrama de funcionamiento del INGEPAC™ EF-LD



Funciones de protección	compensación serie y líneas con transformadores capacitivos	49 Imagen térmica
87, 87LG, 87N	3x50/51 (67), 50N/51N (67N)	32 Potencia
Sobrexcitación V/f y 5º armónico	50G/51G	Tacón
Supervisión direccional	46TOC (67Q), 46IOC(67Q)	85 Teleprotección (21, 67/67Q)
Error CT	46FA Fase abierta	68ZC, 68FF
Detector de saturación	50 CSC Frenado 2º armónico	78 Oscilación de potencia
Compensación de carga	Bloqueo 2º y 5º armónico	25 Sincronismo
Función 86	SOTF Cierre sobre falta	79 mono/tripolar
21 Cuadrangular y MHO	27, 59, 59N, 47	50 BF Fallo de interruptor (mono/tripolar)
21 Alta velocidad	81M/m, 81 ROCOF	Localizador de faltas
Extensión zona 1	37 Subintensidad	Supervisión del Interruptor
Adaptación líneas dobles,		

HMI local
Display 4,9"
Pantallas gráficas configurables
Botón I/O/L/R
19 leds
Teclado



Sincronización
IEEE 1588 v2
IRIG-B
SNTP

Comunicaciones
Protocolos: IEC 61850, IEC 60870-5-103/104, DNP3, Modbus, PROCOME
Redundancia: PRP, HSR, Fallo D-link, modo switch
Servicios web: HTTP/HTTPS, FTP/sFTP, SSH

Adquisición de datos
SOE (1000), faltas (20)
Oscilografía (12 canales analógicos y 100 digitales)
Medidas: I, V, P, U, Q, f, Tª, distancia la falta, etc.

FIGURA 129 CARACTERÍSTICAS RELE

Medida y acoplamiento

Medida

59N	Sobretensión homopolar a tiempo definido
	Oscilografía

FIGURA 130 ANSI
Acoplamiento

59N	Sobretensión homopolar a tiempo definido
3	Vigilancia circuitos de disparo
	Oscilografía

FIGURA 131 ANSI

Para las funciones de medida y adquisición de datos en las posiciones de la subestación, así como para la posición de acoplamiento se empleará el equipo INGEPAC™ EF CD (BCU).

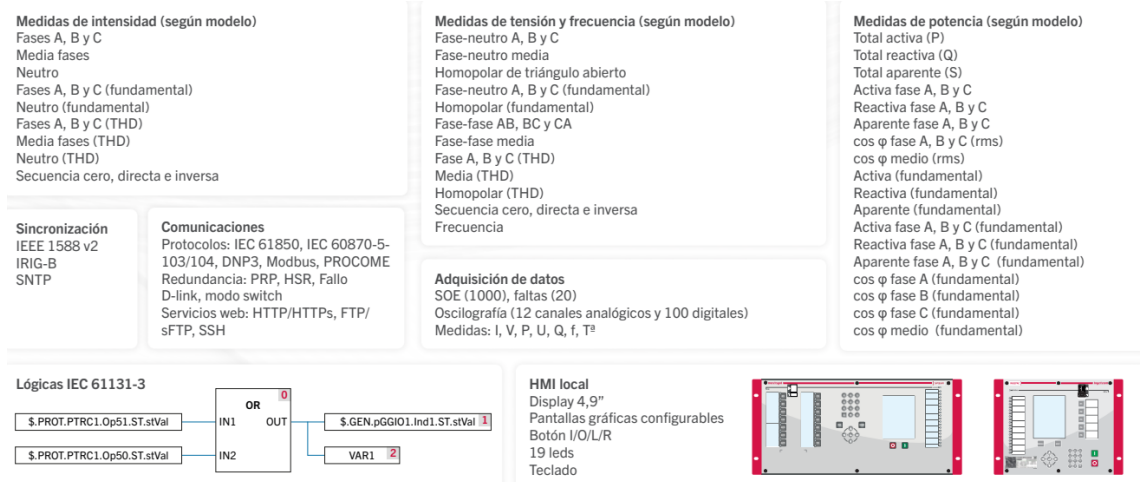


FIGURA 132 ANSI

Servicio auxiliares

51F	Sobreintensidad de fases, curva
51F, TD	Sobreintensidad de fases, tiempo definido
50F	Sobreintensidad de fases, instantánea
51N	Sobreintensidad de neutro, curva, sumatorio 3TT/I fases
51N TD	Sobreintensidad de neutro, tiempo definido, sumatorio 3TT/I fases
50N	Sobreintensidad de neutro, instantáneo, sumatorio 3TT/I fases
3	Vigilancia circuitos de disparo
	Oscilografía

FIGURA 133 ANSI

Para la protección de los servicios auxiliares de la subestación se empleará el relé multifunción INGEPACT™ EF MD.

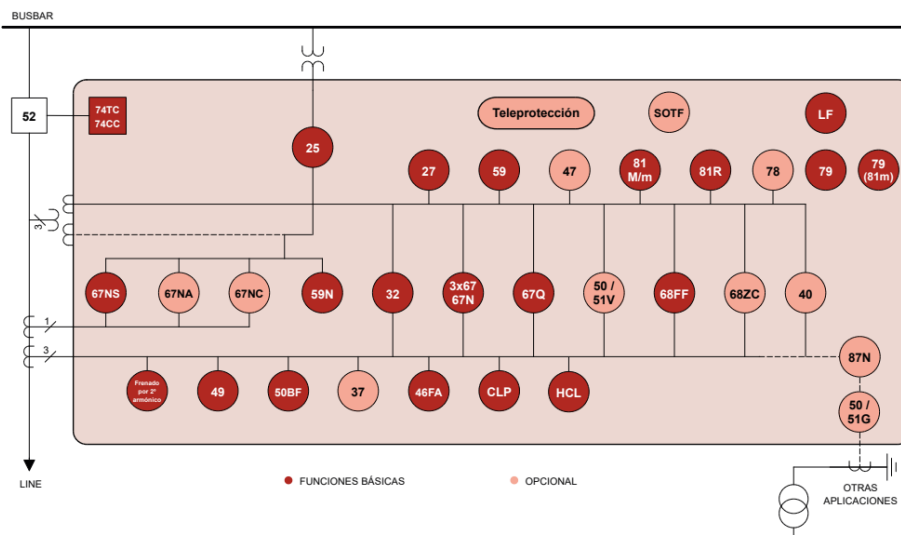


FIGURA 134. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL INGEPACT™ EF-MD

**Funciones de protección**

Funciones

- 3x50/51 (67), 50N/51N (67N)
- 50NS/51NS (67NS)
- 50G/51G*
- 67NA*, 67NC*
- 46TOC (67Q), 46IO(67Q)
- 46FA Fase abierta
- 50 CSC Frenado 2º armónico
- SOTF Cierre sobre falta*
- 27, 59, 59N, 47
- 81M/m, 81 ROCOF
- 37 Subintensidad*
- 49 Imagen térmica
- 32 Unidades de potencia
- 78 Salto vector*

- 40 Pérdida de campo*
- HCL, CLP
- 51V Sobreintensidad por tensión*
- 87N Tierra restringida*
- 50BF Fallo de interruptor
- 85 Teleprotección (67/67Q)*
- 68ZC*, 68FF
- 25 Sincronismo
- 79, 79 (81m)
- Localizador de faltas*
- Supervisión del interruptor Opcional
- 49T Sobretemperatura RTD (con módulo 11 RTD y 4 SA)

Adquisición de datos

SOE (1000), faltas (20)

Oscilografía: 12 analógicos y 100 digitales

Medidas: I, V, P, U, Q, f, T^º, distancia la falta, etc.

Análisis de calidad: huecos y sobretensiones, THD, armónicos (15)

FUNCIONES ANSI INGEPAC™ EF-MDBatería de condensadores

51F	Sobreintensidad de fases, curva
51F, TD	Sobreintensidad de fases, tiempo definido
50F	Sobreintensidad de fases, instantánea
51N	Sobreintensidad de neutro, curva, sumatorio 3TT/I fases
51N TD	Sobreintensidad de neutro, tiempo definido, sumatorio 3TT/I fases
50N	Sobreintensidad de neutro, instantáneo, sumatorio 3TT/I fases
51TD	Desequilibrio neutro entre estrellas BBCCEE, detección 3I0/Tierra resistente
27	Subtensión compuesta a tiempo definido
59	Sobretensión compuesta a tiempo definido
59N	Sobretensión homopolar a tiempo definido
3	Vigilancia circuitos de disparo
	Oscilografía

FIGURA 135 ANSI

Para la protección y el control de los bancos de condensadores shunt instalados en la subestación, se ha seleccionado la familia de equipos multifunción INGEPAC™ EF CB.

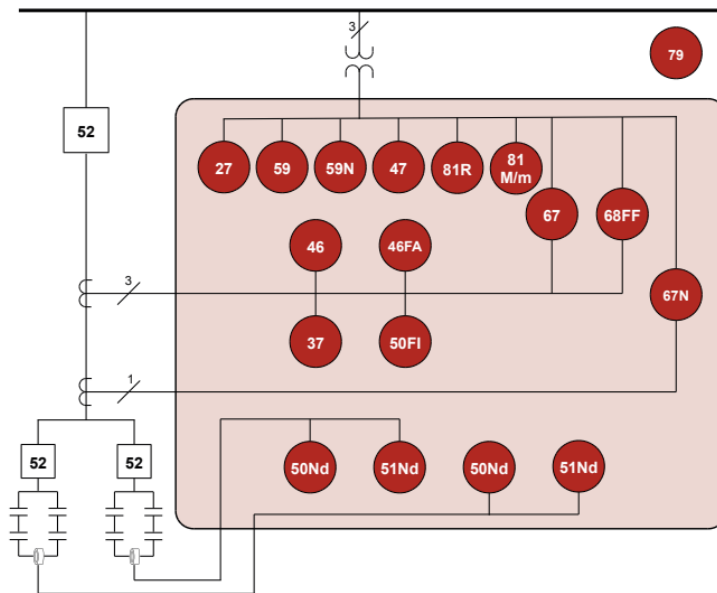


FIGURA 136. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL INGEPACT™ EF-CB

Funciones de protección

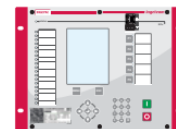
50Nd1/51Nd1 Sobreintensidad desequilibrio de neutro 1
 50Nd2/51Nd2 Sobreintensidad desequilibrio de neutro 2
 3x50/51 (67), 50N/51N (67N)
 46TOC (67Q), 46IOC(67Q)
 46FA Fase abierta
 37 Subintensidad
 27, 59, 59N, 47
 81M/m, 81 ROCOF
 49T Sobretemperatura RTD (con módulo RTD)
 50BF Fallo de interruptor
 68FF Fallo de fusible
 79 Reenganchador
 Automatismo conexión/desconexión batería

Adquisición de datos

SOE (1000), faltas (20)
 Oscilografía (12 canales analógicos y 100 digitales)
 Medidas: I, V, P, U, Q, f, T³

HMI local

Display 4,9"
 Pantallas gráficas configurables
 Botón I/O/L/R
 19 leds
 Teclado



8.4 Nivel de proceso

El bus de proceso es una red de comunicaciones basado en la norma IEC 61850-9-2 que permite digitalizar la información de los equipos primarios de patio (transformadores de tensión, transformadores de corriente, interruptores, etc.) para ser enviada mediante una red de fibra óptica a los IEDs de protección, control y medida.

Ingeteam ofrece distintos equipos que actúan como interfaz entre la aparamenta primaria y el sistema de protección y control de la subestación.

En el parque exterior se instalan equipos específicos que convierten directamente las señales primarias en datos digitales que viajan por fibra óptica hasta las UCP:

- Merging Unit INGEPAC™ EF PB
 - Ubicada en armario IP-65 junto a los transformadores de corriente y tensión.
- Interfaz Digital INGEPAC™ DA PTC
 - Montada en el armario de control del módulo híbrido interruptor-seccionador.
 - Genera/consume mensajes GOOSE (IEC 61850-8-1) para las UCP y la UCS.

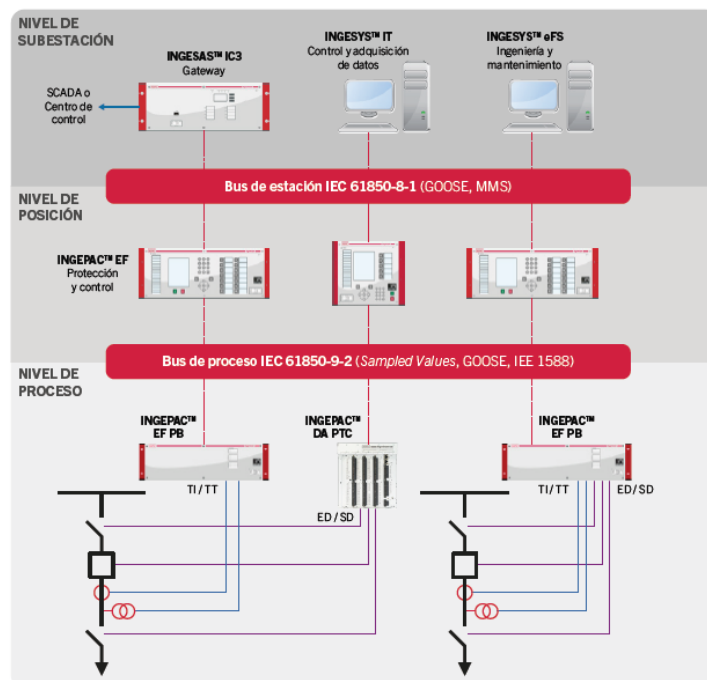


FIGURA 137 ESQUEMA INGETEAM



8.5 Redes de comunicación

El SICP implementa dos redes de comunicaciones independientes:

- Red UCS-UCPs: Conexión en estrella mediante fibra óptica,
- Red UCPs-Terminal de Teleacceso: Anillo de fibra óptica redundante

Será de fibra óptica de vidrio del tipo 62,5/125µm

8.6 Armarios metálicos para SICP.

Los distintos elementos integrantes del SICP se dispondrán de la siguiente forma:

- Un armario central en el que se instalará el equipamiento asociado al nivel de instalación en sala de control.
- Las diferentes UCP se instalarán de la siguiente forma:
 - Un armario metálico para la UCP de las Posiciones AT.
 - Dos armarios metálicos para la UCP de los Transformadores
 - Un armario metálico para la UCP de las Posición de barra.
- Las UCP de las Posiciones MT estarán instaladas en los cajones de control de la propia celda de la posición. :
- La red de comunicaciones se instalará en las conducciones de cables de la subestación y será de fibra óptica de vidrio del tipo 62,5/125µm protegida contra la acción de los roedores.

9. Cimentaciones

En este apartado se enumeran las acciones que habría que considerar para realizar el cálculo de las estructuras metálicas (soportes de apartamento y pórticos).

La combinación de estas acciones se realizará según lo indicado en el Código Técnico de la Edificación DB-SE, donde se establecen los métodos de cálculo para cumplir con las exigencias mínimas en cuanto a seguridad estructural se refiere.

9.1 Método de cálculo por Sulzberger.

Bajo condiciones de terreno plástico, se usará el siguiente modelo para encontrar el punto O' donde se aplican los esfuerzos.

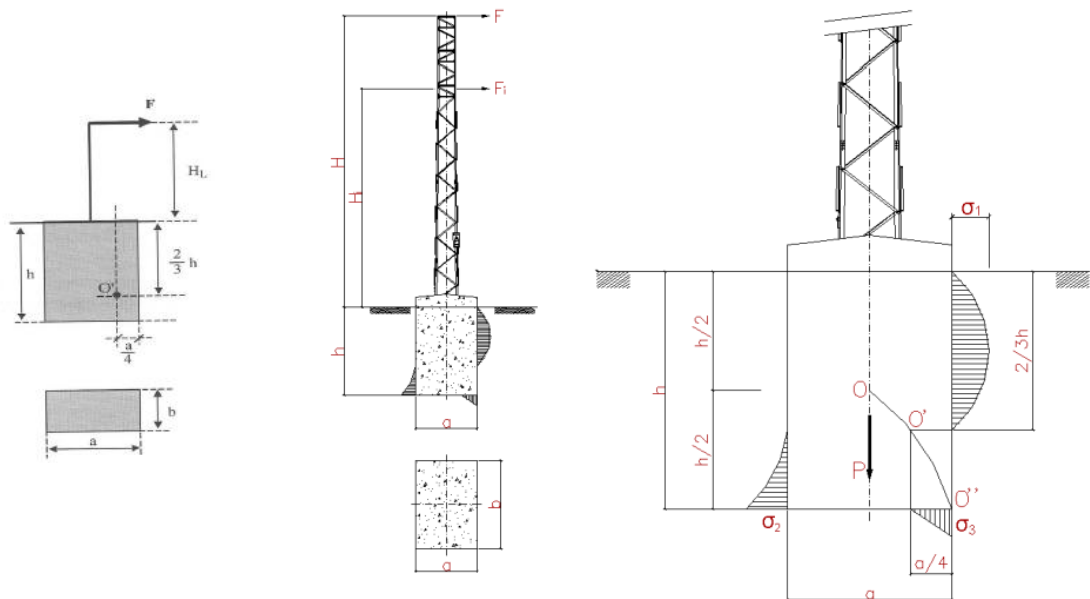


FIGURA 138 PUNTO APLICACIÓN

9.1.1 Momento de vuelco

Para calcular las dimensiones de la cimentación, lo primero que deberemos conocer es el momento de vuelco del apoyo, el cual viene determinado por la fórmula:

$$M_v = \sum F_i \cdot (H_i + (2/3) \cdot h)$$

Donde:

- M_v Momento de vuelco de todas las fuerzas exteriores.
- F_i Fuerzas flectoras que actúan sobre el apoyo.
- H_i Altura sobre el terreno, hasta el punto de aplicación de F_i .
- h Altura de la cimentación.

9.1.1.1 Fuerzas flectoras.

1. Esfuerzos electrodinámicos(según UNE-EN 60865-1:2012):

$$F_{din} = 2,04 \cdot \left(\frac{1,81 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{3cc}}{a} \right)^2 \cdot l \quad (\text{kg})$$

2. Debidos a la incidencia del viento sobre el conductor

$$F_{vc} = 50 \cdot d \cdot l$$

Siendo $q=50\text{daN/m}^2$ debido a conductor LA-380



3. Viento sobre el aparato, aplicado en su punto medio:

$$F_{va} = 70 \cdot D \cdot L$$

4. Viento sobre el punto medio del soporte:

$$F_{vs} = 100 \cdot H$$

Donde,

- a: distancia entre conductores (cm)
- l: semivano (m)
- d: diámetro del conductor (m)
- D: diámetro del aparato (m)
- L: altura del aparato (m)
- h: altura del soporte (m)
- H: ancho del soporte (m)
- Icc: corriente de cortocircuito (kA)

Considerando un viento de 120 km/h de velocidad actuando perpendicularmente a las superficies sobre las que incide, da lugar, según el artículo 3.1.2 de la ITC-LAT 07 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión, a las presiones de:

- sobre tubos conductores: 70 kg/m².
- sobre superficies cilíndricas de aparamenta: 70 kg/m².
- sobre superficies planas de los apoyos: 100 kg/m².

9.1.2 Momentos estabilizadores

Este momento de vuelco debemos contrarrestarlo por una parte con el momento estabilizador del terreno (M1) y por otra con el momento estabilizador del bloque de hormigón y el peso propio del apoyo (M2).

9.1.2.1 Momento estabilizador del terreno

$$M_1 = \frac{b \cdot h^3}{36} \cdot C_h \cdot \tan \alpha$$

Donde:

- M1 Momento estabilizador del terreno.
- Ch Coeficiente de compresibilidad a la profundidad “h”.
- tgα Tangente del ángulo de giro de la cimentación.
- b Lado de la base de la cimentación perpendicular la fuerza aplicada. h La altura de la cimentación.

En caso de que no se disponga del coeficiente de compresibilidad, la tabla 10 del ITC-LAT-07 nos da los valores de los distintos coeficientes de compresibilidad (K) a 2 m de profundidad.

Se admite la proporcionalidad de este coeficiente con la profundidad, por lo tanto:

$$C_h/h = K/2$$

9.1.2.2 Momento de las cargas verticales

El momento de las cargas verticales o momento estabilizador del bloque de hormigón y del apoyo metálico, se puede calcular mediante la fórmula:

$$M_2 = 0.4 \cdot P \cdot a$$

Siendo,

- a: el lado de la cimentación paralelo a la fuerza aplicada.
- P, suma de pesos.

$$P = P_{\text{aparato}} + P_{\text{soporte}} + P_{\text{cimentación}}$$

$$P_{\text{cimentación}} = a \cdot b \cdot h \cdot 2200 \text{ kg/m}^3 (\rho_{\text{hormigón}})$$

Estas cimentaciones deben su estabilidad fundamentalmente a las reacciones horizontales del terreno, por lo que teniendo en cuenta el punto 3.6.1. de la ITC-LAT 07, (el coeficiente de seguridad, en hipótesis normales, no deberá ser inferior a 1,5), debe cumplirse que:

$$K \cdot M_v = M_1 + M_2$$

La resolución da lugar al valor de la profundidad h mínima de la cimentación.

El bloque de cimentación sobresaldrá del terreno, como mínimo 15 cm, formando un zócalo, con el objeto de proteger los extremos inferiores de los montantes y sus uniones.

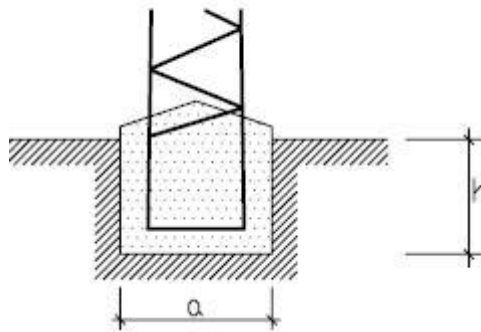


FIGURA 139 ESQUEMA CIMENTACIÓN

9.2 Pórtico

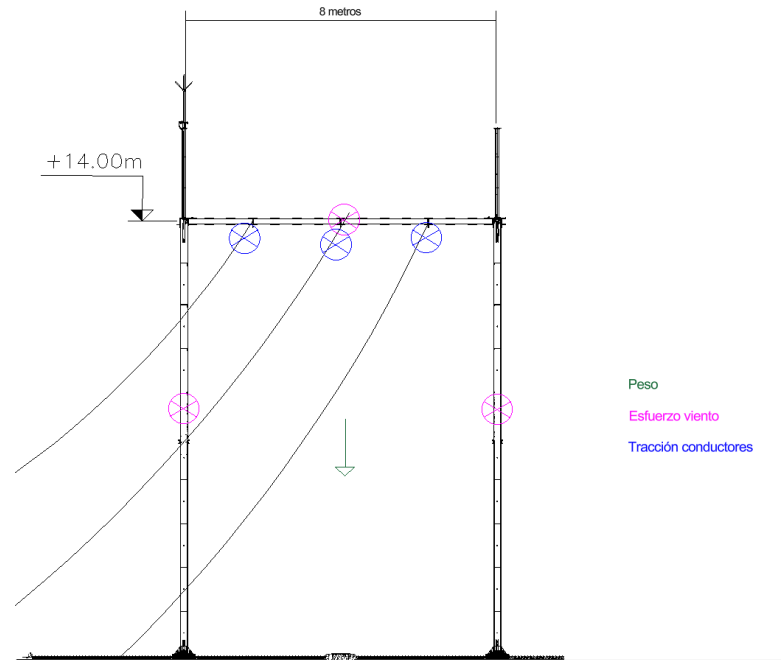


FIGURA 140 ESFUERZOS SOBRE PÓRTICO

9.2.1 Tracción máxima de los conductores.

La tensión horizontal del conductor en las condiciones iniciales (T_0), se realizará teniendo en cuenta las condiciones siguientes:

- Que el coeficiente de seguridad a la rotura, sea como mínimo igual a 2,5 en las condiciones atmosféricas que provoquen la máxima tensión de los conductores según apartado 3.2.1 de ITC07 del R.L.A.T.
- Que la tensión de trabajo de los conductores a una temperatura media según la zona (15 °C para Zona A y 10 °C para Zona B o C) sin ninguna sobrecarga, no exceda del un porcentaje de la carga de rotura recomendado. Este fenómeno es el llamado E.D.S. (Every Day Stress).

La subestación se encuentra a una cota de 681 metros de altitud sobre el nivel del mar, por lo que para el cálculo de las tensiones reglamentarias se aplicarán las hipótesis correspondientes a zona B.

Ecuación de cambio de condiciones

$$\left[\frac{2 \cdot T_2}{p_2} \sinh \left(\frac{a \cdot p_2}{2 \cdot T_2} \right) = \frac{2 \cdot T_1}{p_1} \sinh \left(\frac{a \cdot p_1}{2 \cdot T_1} \right) \left[1 + \alpha \cdot (\theta_2 - \theta_1) + \frac{T_2 - T_1}{E \cdot S} \right] \right]$$

- E: Módulo de elasticidad en daN/mm²



- α : Coeficiente de dilatación lineal en $^{\circ}\text{C}^{-1}$
- S: Sección del conductor en mm^2
- a: Vano en metros (m)
- T_1, T_2 : Tensiones en daN en los estados 1 y 2
- p_1, p_2 : Peso aparente del conductor en los estados 1 y 2 (daN/m)
- θ_1, θ_2 : Temperaturas del conductor en los estados 1 y 2 ($^{\circ}\text{C}$)

Como se señaló anteriormente, la sobrecarga en condiciones finales será:

$$P = P_{\text{cond}} + \text{Sobrecarga}_{\text{hielo o viento}}$$

Peso del conductor

$$p_p = 1.276 \text{ kg/m}$$

Presión viento sobre conductor

$$q = 50 \cdot \left(\frac{v}{120}\right) \text{ daN/m}^2, \text{ si } \phi > 16 \text{ mm}$$

$$p_v = q \cdot \frac{\phi}{1000} \text{ daN/m; } \phi, \text{diámetro: [mm]}$$

Sobrecarga viento

$$p_{p+v} = \sqrt{p_p^2 + p_v^2} = 1.818 \text{ kg/m}$$

Sobrecarga hielo

$$p_{p+h} = p_p + 0.18\sqrt{\phi} = 0.977 + 0.857 \text{ kg/m}$$

9.2.2 Hipótesis

A. Tracción máxima admisible.

Zona B: Hipótesis hielo a -15°C .

$$\theta_1 = -15^{\circ} \text{ (temperatura hielo)} \quad \theta_2 = 15^{\circ} \text{ (temperatura EDS)}$$

$$q_2 = 1.818 \quad q_1 = 1.834$$

$$[T_{\text{max}} = \frac{C_r}{cS} = q \cdot h \cdot \cosh\left(\frac{a}{2h} + \frac{d}{a}\right)]$$

Se obtiene $h_0 = 2022.24 \text{ m}$

$$u = \frac{a}{2} - N \cdot h_1$$

u : Distancia desde el apoyo izquierdo al vértice

- $T_{\text{max}(A)} = m_0 \cdot p_p \cdot h_0 \cdot \cosh\left(\frac{u}{h_0}\right) = 4454 \text{ kg}$
- $T_0 = h_0 \cdot p_0 = T_{r1} = 4450.93 \text{ kg}$

Susituyendo,



$$\frac{T_0}{q_0} Sh \left(\frac{aq_0}{2T_0} \right) [1 + \alpha \cdot (\theta_1 - \theta_0)] + \frac{T_1 - T_0}{S \cdot E} = \frac{T_1}{q_1} Sh \left(\frac{aq_1}{2T_1} \right)$$

$$T_1 = 2618.77$$

Endesa establece hasta un 20% de EDS. En este proyecto se ha establecido que el EDS no supere el 0.20 de la carga de rotura.

$$\text{Carga de rotura} = 0,20 \cdot 11135 \text{ kg} = 2227 \text{ kg}$$

Tras el cambio de condiciones, T1 es la tracción horizontal en la nueva hipótesis.

$$\theta_1 = 15^\circ \text{ (temperatura EDS)} \quad \theta_2 = -15^\circ \text{ (temperatura hielo)}$$

EDS=20%

$$q_1 = pp \quad q_2 = pp + ph$$

Aplicando,

$$0.20 \frac{C_r}{q_1} = q \cdot h \cdot \cosh \left(\frac{a}{2h} + \frac{d}{a} \right)$$

Se obtiene,

$$h = 1743.7$$

$$T_1 = h_1 \cdot p_1 = 2224.94$$

$$T_{\max} = 2227$$

Susituyendo,

$$\frac{T_1}{q_1} Sh \left(\frac{aq_1}{2T_1} \right) [1 + \alpha \cdot (\theta_2 - \theta_1)] + \frac{T_2 - T_1}{S \cdot E} = \frac{T_2}{q_1} Sh \left(\frac{aq_2}{2T_2} \right)$$

$$T_2 = 3972.12 \text{ kg}$$

$$T_{2\max} = 3975.55 \text{ kg}$$

En el cálculo de las tensiones transmitidas a los apoyos por los conductores, se ha considerado únicamente la componente horizontal de la tracción, despreciando la componente vertical, ya que la horizontal es prácticamente la máxima.

Zona B: Hipótesis viento a -15°C.

$$\theta_1 = 15^\circ \text{ (temperatura EDS)} \quad \theta_2 = -10^\circ \text{ (temperatura viento)}$$

EDS=20%

$$q_1 = pp \quad q_2 = pp + pv$$

Aplicando,

$$0.20 \frac{C_r}{q_1} = q \cdot h \cdot \cosh \left(\frac{a}{2h} + \frac{d}{a} \right)$$

Se obtiene,



$$h = 1743.7 \quad T_1 = h_1 \cdot p_1 = 2224.94 \text{ kg}$$

$$T_{\max} = 2227 \text{ kg}$$

Susituyendo,

$$\frac{T_1}{q_1} Sh \left(\frac{aq_1}{2T_1} \right) [1 + \alpha \cdot (\theta_2 - \theta_1)] + \frac{T_2 - T_1}{S \cdot E} = \frac{T_2}{q_1} Sh \left(\frac{aq_2}{2T_2} \right)$$

$$T_2 = 3542.28 \text{ kg}$$

$$T_{2\max} = 3544.91.55 \text{ kg}$$

9.2.3 Apoyo fin de línea

1ª Hipótesis viento

Carga vertical (V):

$$V_{\text{conductor fase}} = P_{\text{cond}} = p_p \cdot \left(\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_v}{p_v} \cdot \left(\frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right) \right) = 1.276 \cdot \left(\frac{150}{2} \right) = 95.7 \text{ kg}$$

Carga transversal

$$T_{\text{fase}} = n \cdot Ft = q \cdot d \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{a}{2} \right) = 95.25 \text{ kg}$$

$$T = 571.5 \text{ kg}$$

Carga longitudinal

$$L_{v_fase} = T_v = 3542.28 \text{ kg}$$

2ª Hipótesis hielo

Carga vertical (V):

$$V_{\text{conductor fase}} = P_{\text{cond}} = p \cdot \left(\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_h}{p} \cdot \left(\frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right) \right) = 137.55 \text{ kg}$$

$$V = 3 \cdot V_{\text{fase}} = 412.7 \text{ kg}$$

Carga transversal

$$T_{\text{fase}} = 0$$

Carga longitudinal

$$L_{v_fase} = T_h = 3972.12 \text{ kg}$$

9.2.4 Esfuerzos por viento transversal, F_v .

Estructura

El viento en el punto medio del perfil:

$$F_v = 100 \cdot A \text{ (kg)}$$

PERFIL	ÁREA (m ²)	FUERZA (kg)	ALTURA (m)
Fuste 1	4.2	420	7
Fuste 2	4.2	420	7
Viga	1.8	180	14

TABLA 71 ESFUERZO VIENTO PORTICO

Cadenas de aisladores

$$F = 70 \cdot D \cdot L$$

$$F_{cad} = 3 \cdot [70 \cdot (0.075 \cdot 0.786)] = 12.29 \text{ kg}$$

9.2.5 Cargas verticales.

Peso de conductores.

Para el cálculo estructural del pórtico y su cimentación, se ha considerado el escenario más desfavorable en cuanto a carga vertical: la hipótesis de hielo. En esta situación, el peso total de los conductores se incrementa debido a la acumulación de hielo sobre su superficie, de acuerdo con lo establecido en el apartado 3.2.1 de la ITC-LAT 07 del Reglamento sobre Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión (R.D. 223/2008).

Este escenario permite contemplar las mayores cargas verticales que podrían transmitirse a la estructura, garantizando así un diseño seguro y conservador. Por tanto, el peso de los conductores bajo hipótesis de hielo será el valor adoptado para los cálculos de esfuerzos y dimensionamiento de la cimentación del pórtico.

$$V = 3 \cdot V_{fase} = 412.7 \text{ kg}$$

Peso Cadenas de amarre.

Aisladores tipo CS70 66PU INAEL

$$P_{cad} = 3 \text{ fases} \cdot 6 \cdot 3 \text{ kg} = 54 \text{ kg}$$

Herrajes.

Herraje	Tipo	Unidades	Peso aproximado (Kg)	Peso total (Kg)
Grapa de Amarre	GA_4	3	2,2	6,6
Horquilla bola	HB_16	3	0,40	1.20
Rótula	R-16P	3	0,5	1.5

TABLA 72 HERRAJES

Dando lugar a un peso de 9.3 kg.

Estructura.

Cálculo del peso de la estructura del pórtico (perfiles HEB 300):

$$\text{Pesofustes} = 4 \cdot 14 \text{ m} \cdot 74.3 \text{ kg/m} = 4160.8 \text{ kg}$$

$$\text{Pesodintel} = 1 \cdot 8 \text{ m} \cdot 74.3 \text{ kg/m} = 594.4 \text{ kg}$$

$$\text{Pesototal} = 4160.8 + 594.4 = 4755.2 \text{ kg}$$

Obteniéndose,

Peso de conductores (hipótesis de hielo)	412,7 kg
Peso de cadenas de amarre	54 kg
Peso de herrajes	9,3 kg
Peso de la estructura metálica	4755,2 kg
Peso de la cimentación	$a \cdot b \cdot h \cdot 2200$

Partiendo de una cimentación monobloque cuadrada de 1m x 4m,

$$K \cdot M_v = M_1 + M_2$$

$$\rightarrow 1.5 \cdot \left[F_i \cdot \left(H_i + \frac{2}{3} \cdot h_{min} \right) \right] = \frac{b \cdot h_{min}^3}{36} C_h \tan \alpha + 0.4 \cdot P \cdot a$$

Se obtiene una profundidad mínima de 1.13 m.

Por lo que se aplicará una profundidad de 1.2 metro.

9.3 Autoválvulas

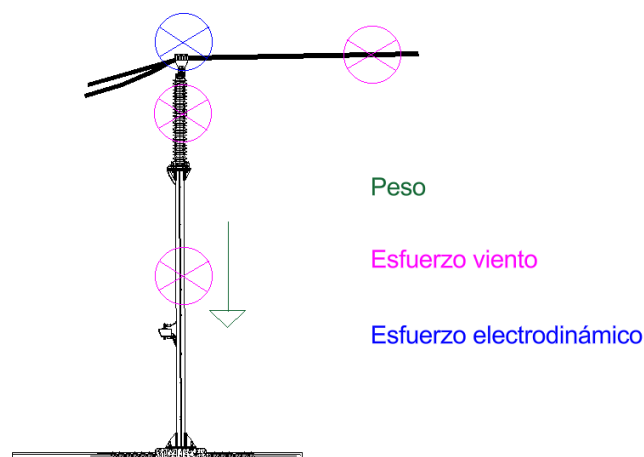


FIGURA 141 ESFUERZOS AUTOVÁLVULA

Partiendo de una cimentación monobloque cuadrada de 1m x 1m,

$$K \cdot M_v = M_1 + M_2$$

$$1.5 \cdot \left[H_{Fd} \cdot 2,04 \cdot \left(\frac{1,81 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{3cc}}{a} \right)^2 \cdot l + 50 \cdot d \cdot l \cdot \left(H_{vc} + \frac{2}{3} \cdot hmin \right) + 70 \cdot D \cdot L \right. \\ \left. \cdot \left(H_{va} + \frac{2}{3} \cdot hmin \right) + 100 \cdot H \cdot h \cdot \left(H_{vs} + \frac{2}{3} \cdot hmin \right) \right] \\ = \frac{b \cdot hmin^3}{36} C_h \tan \alpha + 0.4 \cdot P \cdot a$$

Siendo,

a	2.00	m	Distancia entre conductores
l	3.00	m	Semivano
d	0.0254	m	Diámetro del conductor (tipo LA-380)
D	0.191	m	Diámetro equivalente del aparato
L	0.589	m	Altura del cuerpo
h	2	m	Altura del soporte del aparato
H	0.50	m	Ancho del soporte
Paparato	23.6	kg	Peso del aparato
Psoporte	130	kg	Peso del soporte
ρ	2200	kg/m ³	Densidad del hormigón
axb	1.00	m ²	Área base de la cimentación (monobloque 1x1)

TABLA 73 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Se obtiene una profundidad mínima de 0.74 m.
Por lo que se aplicará una profundidad de 1 metro.

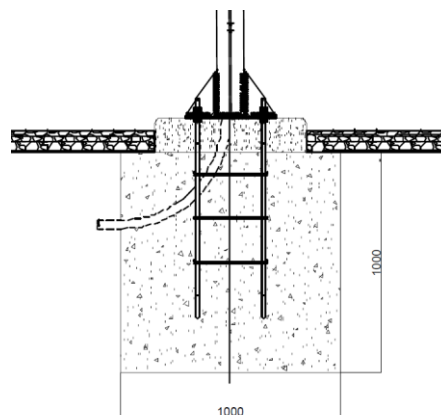


FIGURA 142 CIMENTACIÓN AUTOVÁLVULA

9.4 Aisladores

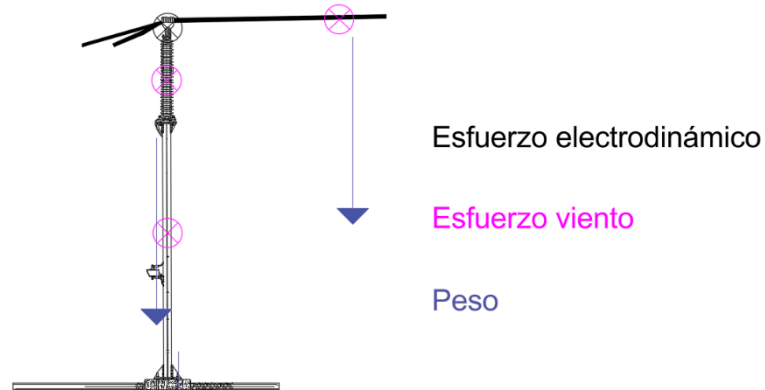


FIGURA 143 ESFUERZOS AISLADORES

Se parte de una cimentación monobloque cuadrada de 1m x 1m,

$$K \cdot M_v = M_1 + M_2$$

$$\begin{aligned} \rightarrow 1.5 \cdot \left[H_{Fd} \cdot 2,04 \cdot \left(\frac{1,81 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{3cc}}{a} \right)^2 \cdot l + 50 \cdot d \cdot l \cdot \left(H_{vc} + \frac{2}{3} \cdot hmin \right) + 70 \cdot D \cdot L \right. \\ \left. \cdot \left(H_{va} + \frac{2}{3} \cdot hmin \right) + 100 \cdot H \cdot h \cdot \left(H_{vs} + \frac{2}{3} \cdot hmin \right) \right] \\ = \frac{b \cdot hmin^3}{36} C_h \tan \alpha + 0.4 \cdot P \cdot a \end{aligned}$$

Siendo,

a	2.00	m	Distancia entre conductores
l	3.00	m	Semivano (mitad de la distancia entre apoyos)
d	0.0254	m	Diámetro del conductor (tipo LA-380)
D	0.158	m	Diámetro equivalente del aparato
L	0.8	m	Altura del cuerpo
h	2.00	m	Altura del soporte del aparato
H	0.50	m	Ancho del soporte
Paparato	12.6	kg	Peso del aparato
Psoporte	130	kg	Peso del soporte
ρ	2200	kg/m ³	Densidad del hormigón
axb	1.00	m ²	Área base de la cimentación (monobloque 1x1)
hmin	1.00	m	Profundidad mínima de cimentación obtenida

FIGURA 144 PARÁMETROS MECÁNICOS

Se obtiene una profundidad mínima de 0.81 m.

Por lo que se aplicará una profundidad de 1 metro.

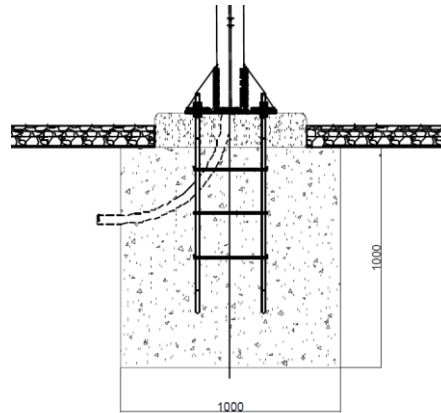


FIGURA 145 CIMENTACIÓN AISLADOR

9.5 Transformador de tensión

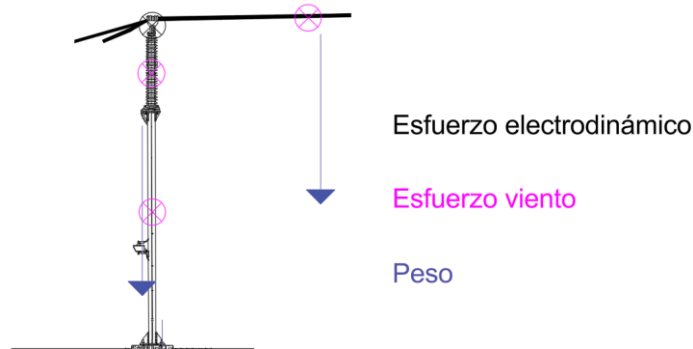


FIGURA 146 ESFUERZOS TT

Se parte de una cimentación monobloque cuadrada de 1m x 1m,

$$K \cdot M_v = M_1 + M_2$$

$$\begin{aligned} \rightarrow 1.5 \cdot \left[H_{Fd} \cdot 2,04 \cdot \left(\frac{1,81 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{3cc}}{a} \right)^2 \cdot l + 50 \cdot d \cdot l \cdot \left(H_{vc} + \frac{2}{3} \cdot hmin \right) + 70 \cdot D \cdot L \right. \\ \left. \cdot \left(H_{va} + \frac{2}{3} \cdot hmin \right) + 100 \cdot H \cdot h \cdot \left(H_{vs} + \frac{2}{3} \cdot hmin \right) \right] \\ = \frac{b \cdot hmin^3}{36} C_h \tan \alpha + 0.4 \cdot P \cdot a \end{aligned}$$

Siendo,

Variable	Valor	Unidades	Descripción
a	2.00	m	Distancia entre conductores
l	3.00	m	Semivano

d	0.0254	m	Diámetro del conductor
D	0.40	m	Diámetro equivalente del aparato
L	1.645	m	Altura del cuerpo
h	2.00	m	Altura del soporte
H	0.50	m	Ancho del soporte
Paparato	285	kg	Peso del aparato
Psoporte	130	kg	Peso del soporte
ρ	2200	kg/m ³	Densidad del hormigón
axb	1.00	m ²	Área base de la cimentación (monobloque 1x1)

FIGURA 147 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Se obtiene una profundidad mínima de 0.84 m.
Por lo que se aplicará una profundidad de 1 metro.

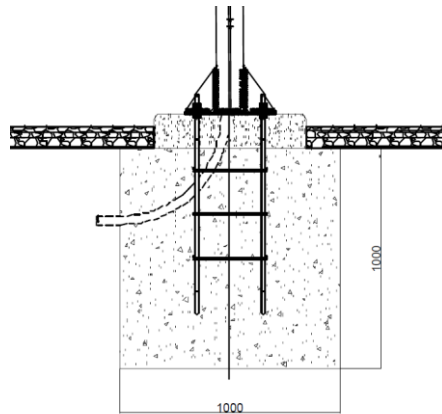


FIGURA 148 CIMENTACIÓN TT

9.6 Módulo híbrido Y1

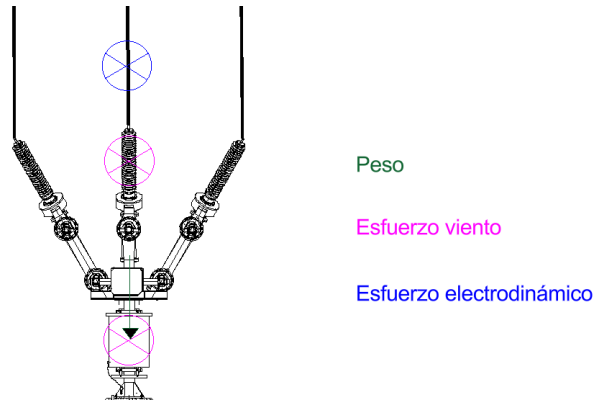


FIGURA 149 ESFUERZOS MÓDULO HÍBRIDO

Partiendo de una cimentación monobloque cuadrada de 1m x 1m,

$$K \cdot M_v = M_1 + M_2$$

$$\rightarrow 1.5 \cdot \left[H_{Fd} \cdot 2,04 \cdot \left(\frac{1,81 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{3cc}}{a} \right)^2 \cdot l + 50 \cdot n \cdot d \cdot l \cdot \left(H_{vc} + \frac{2}{3} \cdot h_{min} \right) + 70 \cdot D \cdot L \cdot \left(H_{va} + \frac{2}{3} \cdot h_{min} \right) \right] = \frac{b \cdot h_{min}^3}{36} C_h \tan \alpha + 0.4 \cdot P \cdot a + 0.4 \cdot P \cdot a$$

Siendo $P = P_{aparato} + P_{cimentación}$

Variable	Valor	Unidades	Descripción
a	200	cm	Distancia entre conductores
l	3.00	m	Semivano
d	0.0254	m	Diámetro del conductor (tipo LA-380)
n	3		Número de conductores
D	1	m	Diámetro equivalente del aparato
L	3.9	m	Altura del cuerpo aparato
Paparato	3500	kg	Peso del aparato
ρ	2200	kg/m ³	Densidad del hormigón
axb	1.5x1.5	m ²	Área base de la cimentación

FIGURA 150 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Se obtiene una profundidad mínima de 0.93 m.
Por lo que se aplicará una profundidad de 1 metro.

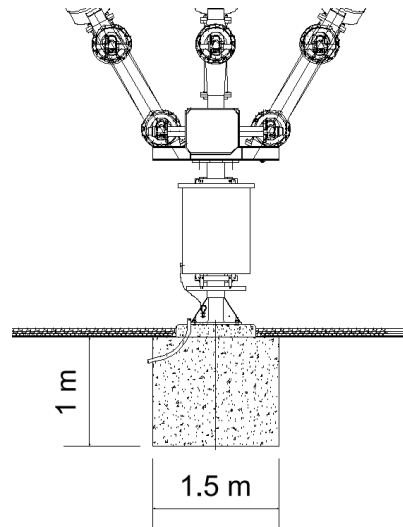


FIGURA 151 CIMENTACIÓN MÓDULO HÍBRIDO

9.7 Embarrado principal 66 kV

El embarrado está compuesto por seis tramos de conductor tubular tubo AL de 8 metros de longitud. Para el cálculo de las cimentaciones, se tratará el conjunto como un sólido rígido.

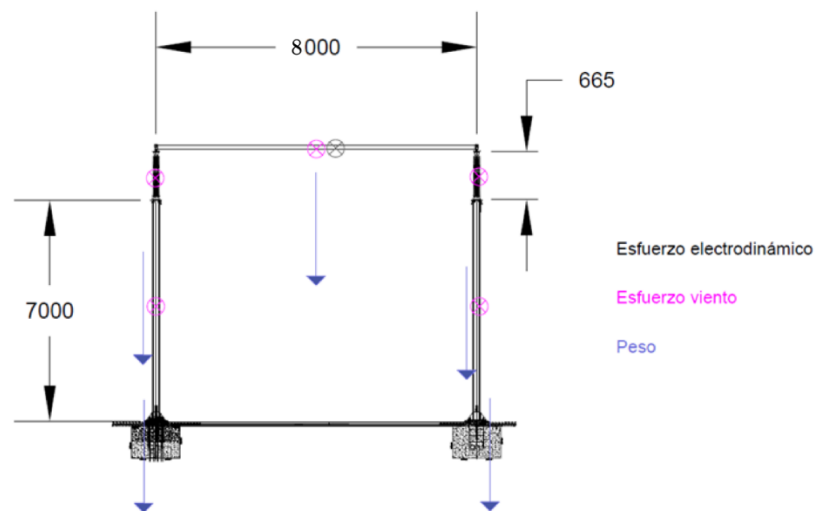


FIGURA 152 ESFUERZOS EMBARRADO

Partiendo de una cimentación monobloque cuadrada de 1m x 1m,

$$K \cdot M_v = M_1 + M_2$$



$$\begin{aligned} \rightarrow 1.5 \cdot \left[H_{Fd} \cdot 2,04 \cdot \left(\frac{1,81 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{3cc}}{a} \right)^2 \cdot l + 70 \cdot n \cdot d \cdot l \cdot \left(H_{vc} + \frac{2}{3} \cdot h_{min} \right) + 70 \cdot D \cdot L \right. \\ \left. \cdot \left(H_{va} + \frac{2}{3} \cdot h_{min} \right) + 100 \cdot A_{viento_soporte} \cdot \left(H_{vs} + \frac{2}{3} \cdot h_{min} \right) \right] \\ = \frac{b \cdot h_{min}^3}{36} C_h \tan \alpha + 0.4 \cdot P \cdot a + 0.4 \cdot P \cdot a \end{aligned}$$

Siendo $P = P_{aisladores} + P_{soporte} + P_{conductor} + P_{cimentación}$
Siendo P,

Elemento	Fórmula	Resultado (kg)
Conductor	3 tramos · 6m · 6.71 kg/m	120.78
Aisladores	3 · 12.6 kg	37.8
Soporte metálico	4 · 7 m · 90.5 kg/m + 2 · 4 m · 74.34 kg/m	3132
Cimentación	a · b · h · 2200 kg/m ³	

FIGURA 153 PESOS

Variable	Valor	Unidades	Descripción
a	200	cm	Distancia entre conductores
l	16	m	Semivano
d	0.012	m	Diámetro del conductor (barra AL 120)
n	3		Número de conductores
D	0.158	m	Diámetro equivalente aislador
L	0.655	m	Altura del cuerpo aparato aislador
A	0.24 · 7	m	Area cara viento soporte
ρ	2200	kg/m ³	Densidad del hormigón
H_{Fd}	7.7	m	Altura esfuerzo electrodinámico
H_{vc}	7.7	m	Altura viento sobre barra
H_{va}	7.3	m	Altura viento aislador
H_{vs}	3.5	m	Altura viento soporte
axb	1x4	m ²	Área base de la cimentación

FIGURA 154 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

$$h_{min} = 0.92 \text{ m}$$

De manera que emplearemos una profundidad de 1m.

9.8 Punta Franklin

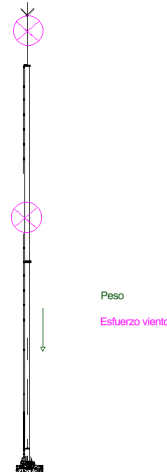


FIGURA 155 ESFUERZOS

Partiendo de una cimentación monobloque cuadrada de 1m x 1m,

$$K \cdot M_v = M_1 + M_2$$

$$\rightarrow 1.5 \cdot \left[100 \cdot A_{viento_soporte} \cdot \left(H_{vs} + \frac{2}{3} \cdot h_{min} \right) \right] = \frac{b \cdot h_{min}^3}{36} C_h \tan \alpha + 0.4 \cdot P \cdot a + 0.4 \cdot P \cdot a$$

$$A_p = 0,2 \text{ m} \cdot 14 \text{ m} = 2,8 \text{ m}^2$$

Siendo ,

$$P = P_{soporte} + P_{cimentación}$$

$$P_{soporte} = 60,3 \text{ kg/m} \cdot 14 \text{ m} = 844,2 \text{ kg}$$

$$P_{cimentación} = a \cdot b \cdot 2200$$

Se obtiene,

$$h_{min} = 0,99 \text{ m}$$

De manera que se empleará una profundidad de 1m.

9.9 Seguridad al deslizamiento

La condición para que no se produzca dicho deslizamiento es:

$$\frac{\mu \cdot P}{F_h} \geq 1,5$$

Donde:

- μ : Tangente del ángulo de rozamiento interno del terreno, que se supone de 30°. Por tanto, $\mu = \tan(30^\circ) = 0,577$
- P: Peso total del conjunto formado por cimentación y estructura.
- F_h : Resultante de los esfuerzos horizontales aplicados sobre la estructura. Se tomará el valor mayor entre la suma de esfuerzos transversales y la suma de esfuerzos longitudinales previamente calculados.

Soporte	F	Peso total P	Comprobación
Pórtico	1032.29	14280.02	7.98
Aislador	320.95	2037.08	3.66
Autoválvula	310.63	1622.76	3
Transformador de tensión	348,95	2101,209	3,48
Embarrado	1512.76	7797.3	2.98
Módulo híbrido	888.26	7812.69	5.08
Punta Franklin	2912	29874	5,92

FIGURA 156 DESLIZAMIENTO

Cumple.

10. Anillos de distribución

10.1 Red de 20 kV

El esquema proyectado a nivel de 20 kV se trata de un anillo de bucle autosuficiente.

Dos de las líneas de salida de la SET formarán un anillo, siendo su punto de unión el FS, donde a través de un interruptor podrá abrirse el anillo, para permitir la operación conjunta de ambas líneas bajo condiciones normales y de contingencia.

Cada una de las líneas está dimensionada para alimentar la totalidad de la carga propia y la correspondiente a la otra línea, garantizando así la continuidad del suministro incluso ante la indisponibilidad de una de ellas.

El punto de seccionamiento debe ubicarse estratégicamente en función de:

- El reparto equilibrado de las cargas entre ambos ramales
- La minimización de las pérdidas eléctricas
- Las condiciones de operación y maniobra previstas

Este tipo de configuración permite mejorar la fiabilidad del sistema, facilitar maniobras sin interrupción del servicio y optimizar la capacidad instalada, cumpliendo con los criterios de seguridad y continuidad exigidos para redes de distribución en MT.

Bucle autosuficiente (Misma subestación)



FS: seccionamiento Frontera

ILUSTRACIÓN 1 BUCLE AUTOSUFICIENTE



10.2 Potencia Anillo

Como se estableció, cada línea de salida de MT ha sido diseñada para soportar de forma aproximada, 7MVA, de manera que se hará un reparto de potencia para obtener en cada bucle autosuficiente como máximo 14 MVA.

Como se han previsto un total de 4 líneas de MT para alimentar al polígono, se requerirán un total de 2 anillos.

ANILLO	ANILLO 1	ANILLO 2
POTENCIA MVA	12,820	13,34
PARCELAS	1 A 28 Y 37 A 58	29 A 36 Y 59 A 109

TABLA 74 CONFIGURACIÓN ANILLO

10.2.1 Distribución CT anillo

En el diseño de los centros de transformación se ha seguido el documento NRZ001, teniéndose en cuenta que no se deben instalar centros de transformación (CT) con más de dos transformadores, salvo en aquellos casos en los que exista autorización expresa por parte de e-distribución.

Para los centros de tipo edificios prefabricados, se prioriza el uso de transformadores con potencias normalizadas de 250, 400 y 630 kVA permitiéndose 1000 kVA.

ANILLO	Nº PARCELA	POTENCIA [kW]	POTENCIA [kW]	POTENCIA [kVA]	POTENCIA CT [kVA]	NUMERACIÓN CT	TIPO
1	PARCELA 1	0,227	1,114	1,049	1260	C2	COMPAÑÍA
1	PARCELA 2	0,152					
1	PARCELA 3	0,137					
1	PARCELA 4	0,105					
1	PARCELA 5	0,181					
1	PARCELA 6	0,312					
1	PARCELA 7	0,373	1,915	1,803	2000	C3	COMPAÑÍA
1	PARCELA 8	0,178					
1	PARCELA 9	0,150					
1	PARCELA 10	0,561					
1	PARCELA 11	0,072					
1	PARCELA 12	0,072					
1	PARCELA 13	0,069					

ANEXO DE CÁLCULO



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA INTEMPERIE 66/20 kV Y
DISEÑO DE ANILLO DE M.T. PARA LA ALIMENTACIÓN DEL
POLÍGONO INDUSTRIAL ASEGRA



1	PARCELA 14	0,124					
1	PARCELA 15	0,124					
1	PARCELA 16	0,191					
1	PARCELA 17	0,293	1,184	1,115	1260	C4	COMPAÑÍA
1	PARCELA 18	0,387					
1	PARCELA 19	0,161					
2	PARCELA 20	0,343					
2	PARCELA 21	0,310	1,280	1,205	1260	C9	COMPAÑÍA
2	PARCELA 22	0,610					
2	PARCELA 23	0,360					
2	PARCELA 25	0,220	1,122	1,056	1260	C8	COMPAÑÍA
2	PARCELA 26	0,480					
2	PARCELA 27	0,087					
2	PARCELA 28	0,335					
2	PARCELA 29	0,404	1,220	1,148	1260	C10	COMPAÑÍA
2	PARCELA 30	0,515					
2	PARCELA 31	0,300					
2	PARCELA 32	0,525	1,218	1,146	1260	C11	COMPAÑÍA
2	PARCELA 33	0,450					
2	PARCELA 34a	0,243					
2	PARCELA 34 b	0,243	0,913	0,859	1260	c12	COMPAÑÍA
2	PARCELA 35	0,171					
2	PARCELA 36	0,500					
1	PARCELA 37	0,125	1,317	1,240	1260	c7	COMPAÑÍA
1	PARCELA 38	0,215					
1	PARCELA 39	0,280					

ANEXO DE CÁLCULO



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA INTEMPERIE 66/20 kV Y
DISEÑO DE ANILLO DE M.T. PARA LA ALIMENTACIÓN DEL
POLÍGONO INDUSTRIAL ASEGRA



1	PARCELA 40	0,390					
1	PARCELA 41	0,307					
1	PARCELA 42	0,289	0,961	0,904	1260	C1	COMPAÑÍA
1	PARCELA 43	0,351					
1	PARCELA 44	0,322					
1	PARCELA 45	0,233	1,198	1,128	1260	c5	COMPAÑÍA
1	PARCELA 46	0,267					
1	PARCELA 47	0,219					
1	PARCELA 48	0,169					
1	PARCELA 49	0,311					
1	PARCELA 50	0,254	1,934	1,820	2000	C6	COMPAÑÍA
1	PARCELA 51	0,180					
1	PARCELA 52	0,296					
1	PARCELA 53	0,341					
1	PARCELA 54	0,094					
1	PARCELA 55	0,304					
1	PARCELA 56	0,115					
1	PARCELA 57	0,147					
1	PARCELA 58	0,203					
2	PARCELA 59	0,115	1,261	1,186	1260	c19	COMPAÑÍA
2	PARCELA 60	0,142					
2	PARCELA 61	0,235					
2	PARCELA 62	0,150					
2	PARCELA 63	0,150					
2	PARCELA 64	0,159					
2	PARCELA 65	0,224					
2	PARCELA 66	0,085					
2	PARCELA 67	0,370	1,333	1,254	1260	C13	COMPAÑÍA
2	PARCELA 68	0,072					
2	PARCELA 69	0,073					
2	PARCELA 70	0,222					
2	PARCELA 71	0,056					

ANEXO DE CÁLCULO



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA INTEMPERIE 66/20 kV Y
DISEÑO DE ANILLO DE M.T. PARA LA ALIMENTACIÓN DEL
POLÍGONO INDUSTRIAL ASEGRA



2	PARCELA 72	0,265					
2	PARCELA 73	0,135					
2	PARCELA 74	0,140					
2	PARCELA 75	0,285	1,313	1,236	1260	C14	COMPAÑÍA
2	PARCELA 76	0,220					
2	PARCELA 77	0,156					
2	PARCELA 78	0,095					
2	PARCELA 79	0,140					
2	PARCELA 80	0,091					
2	PARCELA 81	0,034					
2	PARCELA 82	0,049					
2	PARCELA 83	0,044					
2	PARCELA 84	0,200					
2	PARCELA 85	0,085	1,203	1,132	1260	C18	COMPAÑÍA
2	PARCELA 86	0,025					
2	PARCELA 87	0,115					
2	PARCELA 88	0,303					
2	PARCELA 89	0,350					
2	PARCELA 90	0,245					
2	PARCELA 91	0,081					
2	PARCELA 92	0,320	1,160	1,092	1260	C17	COMPAÑÍA
2	PARCELA 93	0,215					
2	PARCELA 94	0,150					
2	PARCELA 95	0,115					
2	PARCELA 96	0,250					
2	PARCELA 97	0,110					
2	PARCELA 98	0,535	1,303	1,226	1260	C15	COMPAÑÍA
2	PARCELA 99	0,135					
2	PARCELA 100	0,103					
2	PARCELA 101	0,365					
2	PARCELA 102	0,165					
2	PARCELA 103	0,270	1,595	1,501	2000	C16	COMPAÑÍA
2	PARCELA 104	0,165					



2	PARCELA 105	0,165					
2	PARCELA 106	0,280					
2	PARCELA 107	0,265					
2	PARCELA 108	0,100					
2	PARCELA 109	0,350					

De manera que se ha obtenido la siguiente distribución de CTs:

ANILLO	ANILLO 1	ANILLO 2
POTENCIA MVA	12,820	13,34
PARCELAS	1 A 28 Y 37 A 58	29 A 36 Y 59 A 109
Nº CT	9	10
Nº TOTAL CT	19	

TABLA 75 POTENCIAS CTS

10.3 Líneas Subterráneas de Media Tensión (LSMT)

El diseño, cálculo y construcción de las líneas se realizará conforme a los criterios establecidos en el Proyecto Tipo DYZ10000 – Líneas Subterráneas de Media Tensión.

De acuerdo con la normativa vigente, estas líneas se consideran de tercera categoría a efectos reglamentarios.

Tensión nominal de la red U_n (kV)	Tensión nominal cables y accesorios U_0/U (kV eficaces)	Tensión más elevada cable y accesorios U_m (kV eficaces)	Tensión soportada nominal a frecuencia industrial (kV eficaces)	Tensión de choque soportada nominal (tipo rayo) (kV de cresta)
$U \leq 20$	12/20	24	50	125

TABLA 76 TENSIONES MT

10.3.1 Conductor anillos Media Tensión

Los circuitos de las líneas subterráneas de MT tal y como establece en el documento DYZ1000, se compondrán de tres conductores unipolares de aluminio, con aislamiento XLPE 12/20 kV, pantalla semiconductor sobre conductor y sobre aislamiento y con pantalla metálica de cobre o aluminio.

Siendo las secciones permitidas 150, 185, 240 o 400 mm².

Para la justificación de los cálculos en los que se basen los proyectos de las LSMT se seguirán las prescripciones indicadas en la ITC-LAT-6 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en las líneas eléctricas de alta tensión.

Calcularemos el anillo para condiciones de defecto en cabecera para que una línea soporte toda la carga, comprobando:



- Criterio intensidad nominal.
- Criterio de cortocircuito.
- Caída de potencia.
- Pérdida de potencia.

10.3.1.1 Resistencia del Conductor

$$R = R_{20^{\circ}\text{C}} \cdot (1 + \alpha \cdot (\theta - 20^{\circ}\text{C}))$$

Siendo:

- α Coeficiente de temperatura del aluminio, $\alpha = 0,00403 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
- θ Temperatura máxima del conductor, se adopta el valor correspondiente a $90 \text{ }^{\circ}\text{C}$.
- $R_{20^{\circ}\text{C}}$ Resistencia del conductor a $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Conductor	Sección nominal (mm ²)	Resistencia máxima a 20 °C (Ω/km)	Resistencia máxima a 90 °C (Ω/km)
RH5Z1	150	0,206	0,264
RH5Z1	240	0,125	0,160
RH5Z1	400	0,0778	0,100

TABLA 77 RESISTENCIAS

10.3.1.2 Reactancia del cable

Conductor	Sección nominal (mm ²)	Reactancia cable 12/20 kV (Ω/km)
RH5Z1	150	0,114
RH5Z1	240	0,106
RH5Z1	400	0,099

TABLA 78 REACTANCIA

10.3.1.3 Intensidades máximas admisibles en servicio permanente.

Según se establece en la ITC-LAT-6, el aumento de temperatura provocado por la circulación de la intensidad calculada no debe dar lugar a una temperatura en el conductor superior a la prescrita:

Tipo de aislamiento seco	Servicio permanente θ_s	Cortocircuito θ_{cc} ($t \leq 5$ s)
Polietileno reticulado (XLPE)	90 °C	250 °C

TABLA 79 TEMPERATURA CONDUCTOR

Los valores de intensidad máxima admisible según la ITC-LAT-6 para las condiciones estándar que se describen a continuación son los indicados en la tabla,



Sección nominal de los conductores (mm ²)	Intensidad máxima admisible (A)
150	245
240	320
400	415

TABLA 80 INTENSIDADES ADMISIBLES

Para,

Temperatura máxima en el conductor	90 °C
Tipo de servicio	LSMT en servicio permanente
Configuración de los cables	3 cables unipolares en trébol, dentro tubo
Profundidad de instalación	1 m
Resistividad térmica del terreno	1,5 K·m/W
Temperatura del terreno a 1 m	25 °C
Temperatura del aire ambiente	40 °C

TABLA 81 CONDICIONES

En el caso en que no se cumplan las condiciones descritas anteriormente, la intensidad admisible deberá corregirse teniendo en cuenta cada una de las magnitudes de la instalación real que difieran de aquellas. Las condiciones para considerar para la corrección del valor de la intensidad admisible son las siguientes:

- Factor relativo a cables enterrados bajo tubo en terrenos cuya temperatura distinta de 25°C (Fct):

Temperatura del terreno θ_t (°C)	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Coefficiente de corrección	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78

TABLA 82 FACTOR TEMPERATURA

- Factor relativo a agrupación de circuitos (Fca):

Distancia entre tubos (mm)	Coefficiente de corrección
Contacto	0,80 (2), 0,70 (3), 0,64 (4)
200 mm	0,83 (2), 0,75 (3), 0,70 (4)
400 mm	0,87 (2), 0,80 (3), 0,77 (4)

TABLA 83 FACTOR AGRUPACIÓN

- Factor relativo a Resistividad Térmica del terreno (Fct):

Cables instalados en tubos, un circuito por tubo, enterrados en terrenos de resistividad térmica distinta de 1,5 K·m/W.



Sección del conductor (mm ²)	0,8	0,9	1	1,5	2	2,5	3
150	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
240	1,15	1,12	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
400	1,16	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81

TABLA 84 RESISTIVIDAD

- Factor relativo a la Profundidad de la instalación (F_{cp}):

Cables instalados en tubos a distintas profundidades

Profundidad (m)	≤ 185 mm ²	> 185 mm ²
0,50	1,06	1,08
0,60	1,04	1,06
0,80	1,02	1,03
1,00	1,00	1,00
1,25	0,98	0,98
1,50	0,97	0,96
1,75	0,96	0,95
2,00	0,95	0,94
2,50	0,93	0,92
3,00	0,92	0,91

TABLA 85 FACTOR PROFUNDIDAD

En base a los factores expuestos, la intensidad admisible permanente del conductor se calculará por la siguiente expresión:

$$I_{adm} = I \cdot F_{ct} \cdot F_{rt} \cdot F_{ca} \cdot F_{cp}$$

Donde:

- I_{adm} Intensidad máxima admisible en servicio permanente, en A.
- I Intensidad del conductor sin coeficientes de corrección, en A.
- F_{ct} Factor de corrección debido a la temperatura del terreno.
- F_{rt} Factor de corrección debido a la resistividad del terreno.
- F_{ca} Factor de corrección debido a la agrupación de circuitos.
- F_{cp} Factor de corrección debido a la profundidad de soterramiento

Dado que la sección debe mantenerse uniforme en todos los tramos que conforman el anillo, el estudio se realizará considerando el caso más desfavorable.

Para ello, se adopta una profundidad de enterramiento de cálculo de 1,30 metros. Esta se justifica por el hecho de que las canalizaciones deben instalarse en tubos con un diámetro exterior de 200 mm, con una profundidad mínima de 70 cm en aceras o terreno natural y de 90 cm en calzada.

En el caso más desfavorable, correspondiente a una disposición de como máximo 3 o 4 tubos bajo calzada, la profundidad desde la parte superior del tubo hasta la superficie es de 90 cm, por lo que la cota desde el eje inferior del tubo más bajo resulta:

$$2 \times 200 + 900 = 1300 \text{ mm}$$

Se ha adoptado un valor de resistividad térmica del suelo de 0,8 K·m/W ya que el terreno del área metropolitana de Granada, incluyendo el municipio de Peligros, suele estar compuesto por suelos franco-limosos con presencia de ravas, con una compactación moderada.

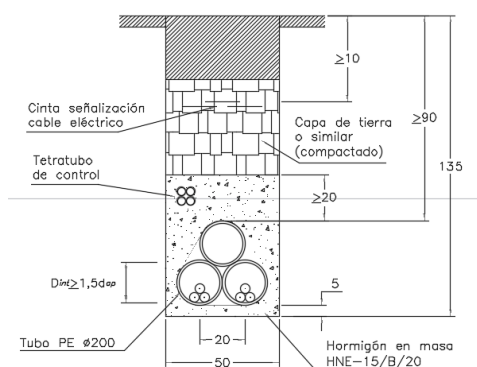


TABLA 86 CANALIZACIÓN MÁS DESFAVORABLE

SECCIÓN (mm ²)	I (A)	AGRUPACIÓN	fca	Fert (0,8 K·m/W)	fcT (20°C)	Fcp (1,30m)	Iadm (A)
240	320	1	1	1,15	1,04	0,976	375
		2	0,8	1,15	1,04	0,976	300
		3	0,7	1,15	1,04	0,976	262.5
		4	0,64	1,15	1,04	0,976	240
400	415	1	1	1,16	1,04	0,976	486.4132
		2	0,8	1,16	1,04	0,976	389.13056
		3	0,7	1,16	1,04	0,976	340.49
		4	0,64	1,16	1,04	0,976	311.30

TABLA 87 INTENSIDAD ADMISIBLE

La intensidad nominal de cada anillo:

$$\text{ANILLO 1 } I_n = \frac{12,83 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}} = 370,08 \text{ A}$$

$$\text{ANILLO 2 } I_n = \frac{13,34 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}} = 385 \text{ A}$$

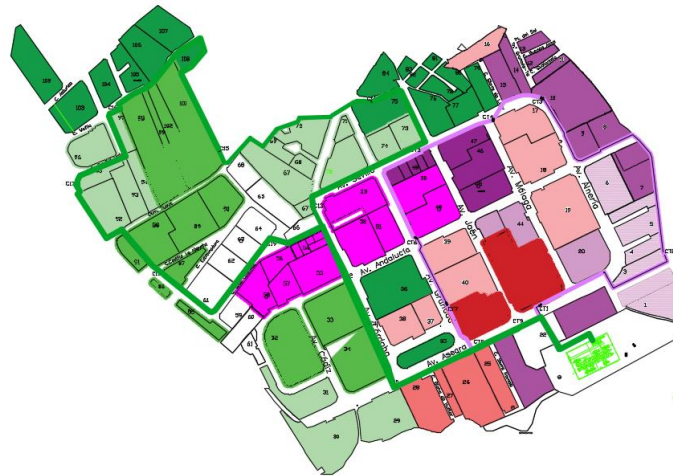


TABLA 88 ANILLOS

Como se aprecia en la imagen, las líneas que conforman los anillos discurren, en su mayor parte, mediante un único circuito. Sin embargo, en los tramos próximos a la salida de la subestación (SET), confluyen los cuatro circuitos, discuriendo en paralelo.

Como criterio técnico de diseño, se ha optado por ejecutar una zanja común que albergue los dos circuitos de cada anillo en los tramos donde coincidan. En los tramos donde únicamente discurre un circuito, se dispondrá una zanja individual.

Se descarta la opción de agrupar los cuatro circuitos en una misma zanja, ya que esto implicaría un sobredimensionamiento de la sección de los cables, únicamente para los 146 metros en los que los cuatro circuitos discurren de forma paralela.

Teniendo en cuenta estos los criterios y los factores de corrección aplicables para cada condición (agrupación de cables, resistividad térmica del suelo de 0,8 K·m/W, temperatura del terreno de 20°C y profundidad de 1,30 m), se ha seleccionado la siguiente sección:

- Sección elegida para ambos anillos: 400 mm² Al

Esta sección permite una intensidad admisible corregida de 486 A para un único circuito en zanja individual, y hasta 389 A en agrupación de dos circuitos, cumpliendo con las intensidades requeridas para ambos anillos, $I_n < I_{adm}$.

10.3.1.4 Intensidad máxima admisible para el cable en cortocircuito

La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible de corta duración (para menos de un tiempo t) asignada a los materiales utilizados para el aislamiento del cable.

El tiempo máximo de duración del cortocircuito será de 1 segundo.



Se tendrá en cuenta, a pesar de conocer la topología de la red y cortocircuito en MT de la SET, como criterio más restrictivo de diseño, que los conductores soporten la intensidad máxima especificada por Endesa,

Intensidad asignada de corta duración 1 s (límite térmico) (kA)	Valor de cresta de la intensidad de cortocircuito admisible asignada (límite dinámico) (kA)
16	40
20 (*)	50 (*)

TABLA 89 INTENSIDADES ENDESA

Los valores de cortocircuito máximo admisibles de los conductores especificados en el presente proyecto tipo se detallan en la tabla:

Sección del conductor (mm ²)	0,1 s	0,2 s	0,3 s	0,5 s	0,6 s	1,0s	1,5 s	2,0 s	2,5 s	3,0 s
150	44,6	31,5	25,7	19,9	18,2	14,1	11,5	10,0	8,9	8,1
240	71,3	50,4	41,2	31,9	29,1	22,6	18,4	16,0	14,3	13,0
400	118,9	84,1	68,6	53,2	48,5	37,6	30,7	26,6	23,8	21,7

TABLA 90 CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO ADMISIBLES EN LOS CONDUCTORES DE SECCIONES NORMALIZADAS, EN KA

Obtenidos a través de,

$$I_{cc3 \text{ Adm}} = K \cdot \frac{S}{\sqrt{t_{cc}}}$$

$$I_{cc3 \text{ adm}} = 94 \times \frac{400}{\sqrt{1}} = 37.60 \text{ kA} \text{ como se indica en la tabla.}$$

Donde:

- I_{cc} , corriente de cortocircuito trifásico en hipótesis adiabática, en amperios.
- K , densidad de corriente admisible para un cortocircuito de 1 segundo. Para el aluminio con aislamiento XLPE. $K=94 \text{ A/mm}^2$
- S , sección del conductor en mm^2
- t_{cc} , tiempo de cortocircuito en segundos

Se comprobará que la intensidad de cortocircuito para el cálculo de la red , 20 kA, que será inferior a la intensidad de cortocircuito admisible en los conductores según la duración de este.

$$I_{cc3 \text{ adm}} = 37.60 \text{ kA} > I_{cc \text{ red}} = 20 \text{ kA}$$



10.3.1.5. Intensidad máxima admisible para la pantalla en cortocircuito

La intensidad de cortocircuito admisible en la pantalla de aluminio se ha calculado siguiendo la guía de la norma UNE 211003 y el método descrito en la norma UNE 21192.

Conductor	Sección (mm ²)	0,2 s	0,3 s	0,5 s	1 s	1,5 s	2 s	2,5 s	3 s
12/20 kV	150	5,55	4,67	3,79	2,90	2,50	2,26	2,09	1,97
	240	6,53	5,50	4,46	3,41	2,94	2,66	2,46	2,31
	400	7,51	6,32	5,13	3,93	3,38	3,06	2,83	2,66

TABLA 91 INTENSIDAD CORTOCIRCUITO

La sección efectiva de la pantalla será,

$$S = \pi \cdot D \cdot e = \pi \cdot 44.3 \cdot 0.5 = 69.59 \text{ mm}^2$$

$$I_{cc} = K \cdot S / \sqrt{t} = 73 \cdot 41.76 / \sqrt{1} = 5.1 \text{ kA}$$

Cumple la condición, siendo $5.1 \text{ kA} \gg 3.93 \text{ kA}$

10.3.1.6 Caída de tensión

La caída de tensión se calculará como cargas repartidas mediante la siguiente expresión:

$$U_c(\%) = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R_{90} + X \cdot \tan \varphi)$$

Donde:

- P: Potencia a transportar, en kW.
- L: Longitud de la línea, en km.
- U: Tensión nominal de la línea, en kV.
- R₉₀: Resistencia de la línea a 90 °C, en Ω/km.
- X: Reactancia de la línea, en Ω/km.
- tg φ: Tangente del ángulo definido por el factor de potencia

ANILLO 1

Tramo	Distancia (m)	CT	Carga Acumulada (MVA)	Cos (φ)	Intensidad Acumulada (A)	Resistencia acumulada (Ω)	Reactancia acumulada (Ω)	Caída tensión (%)
SET-CT1	179	1,26	12,820	0,85	370,082	0,018	0,019	0,008
CT1-CT2	300	1,26	11,560	0,85	333,708	0,048	0,051	0,021
CT2-CT3	500	1,26	10,300	0,85	297,335	0,098	0,104	0,043
CT3-CT4	112	2,00	8,300	0,85	239,600	0,109	0,116	0,077
CT4-CT5	154	1,26	7,040	0,85	203,227	0,125	0,132	0,055
CT5-CT6	219	1,26	5,780	0,85	166,854	0,146	0,155	0,065



CT6-CT7	137	2,00	3,780	0,85	109,119	0,160	0,170	0,113
CT7-CT8	109	1,26	2,520	0,85	72,746	0,171	0,181	0,076
CT8-CT9	85	1,26	1,260	0,85	36,373	0,180	0,190	0,080
CT9-SET	194	0,00	0,000	0,85	0,000	0,199	0,211	0,000
							TOTAL	0,538

TABLA 92 CAÍDA TENSIÓN ANILLO 1

ANILLO 2

Tramo	Distancia (m)	Carga Acumulada (MVA)	Cos(φ)	Intensidad Acumulada (A)	Resistencia tramo (Ω)	Reactancia tramo (Ω)	Caída tensión (%)
SET-CT10	463	13,34	0,85	385,093	0,046	0,0491	0,022
CT10-CT11	125	12,08	0,85	348,720	0,013	0,0133	0,006
CT11-CT12	89	10,82	0,85	312,346	0,009	0,0094	0,004
CT12-CT13	153	9,56	0,85	275,973	0,015	0,0162	0,007
CT13-CT14	428	8,3	0,85	239,600	0,043	0,0454	0,021
CT14-CT15	367	7,04	0,85	203,227	0,037	0,0389	0,018
CT15-CT16	460	5,78	0,85	166,854	0,046	0,0488	0,035
CT16-CT17	222	3,78	0,85	109,119	0,022	0,0235	0,011
CT17-CT18	281	2,52	0,85	72,746	0,028	0,0298	0,014
CT18-CT19	294	1,26	0,85	36,373	0,029	0,0312	0,014
CT19-SET	918	0	0,85	0,000	0,092	0,0973	0
						TOTAL	0,151

TABLA 93 CAÍDA TENSIÓN ANILLO 2

Cumplen una caída de tensión menor al 5%.

10.3.1.7 Pérdidas de potencia.

$$P_p(\%) = (P \cdot L \cdot R_{90}) / (10 \cdot U^2 \cdot (\cos\varphi)^2)$$

Donde:

- P: Potencia a transportar, en kW.
- L: Longitud de la línea, en km.
- U: Tensión nominal de la línea, en kV.
- R90: Resistencia del conductor a 90°C en Ω/km.
- cos φ: Factor de potencia de la instalación.



ANILLO 1

Tramo	Distancia (m)	Carga Acumulada (MVA)	Tensión (kV)	Intensidad Acumulada (A)	Resistencia tram(Ω)	Pérdida potencia (%)
SET-CT1	179	12,82	20	370,0815226	0,0179	0,079
CT1-CT2	300	11,56	20	333,7084556	0,03	0,120
CT2-CT3	500	10,3	20	297,3353886	0,05	0,178
CT3-CT4	112	8,3	20	239,6003617	0,0112	0,032
CT4-CT5	154	7,04	20	203,2272948	0,0154	0,038
CT5-CT6	219	5,78	20	166,8542278	0,0219	0,044
CT6-CT7	137	3,78	20	109,1192009	0,0137	0,018
CT7-CT8	109	2,52	20	72,74613392	0,0109	0,010
CT8-CT9	85	1,26	20	36,37306696	0,0085	0,004
CT9-SET	194	0	20	0	0,0194	0,000
					TOTAL	0,58953125

TABLA 94 PÉRDIDAS DE POTENCIA ANILLO 1

ANILLO 2

Tramo	Distancia (m)	Carga Acumulada (MVA)	Tensión (kV)	Intensidad Acumulada (A)	Resistencia tramo (Ω)	Pérdida potencia (%)
SET-CT10	463	13,34	20,0	385,093	0,046	0,214
CT10-CT11	125	12,08	20	348,720	0,013	0,052
CT11-CT12	89	10,82	20	312,346	0,009	0,033
CT12-CT13	153	9,56	20	275,973	0,015	0,051
CT13-CT14	428	8,3	20	239,600	0,043	0,123
CT14-CT15	367	7,04	20	203,227	0,037	0,089
CT15-CT16	460	5,78	20	166,854	0,046	0,092
CT16-CT17	222	3,78	20	109,119	0,022	0,029
CT17-CT18	281	2,52	20	72,746	0,028	0,025
CT18-CT19	294	1,26	20	36,373	0,029	0,013
CT19-SET	918	0	20	0,000	0,092	0
					TOTAL	0,721

TABLA 95 PÉRDIDAS DE POTENCIA ANILLO 2

10.3.1.8 Condiciones normales explotación

A continuación, se calculará el anillo para condiciones normales de explotación, partiendo de la sección elegida. Comprobando:

- Criterio de intensidad nominal en cada rama.
- Punto de mínima tensión.
- Criterio de cortocircuito en cada rama.
- Pérdida de potencia en cada rama

ANILLO 1

Corrientes de Carga

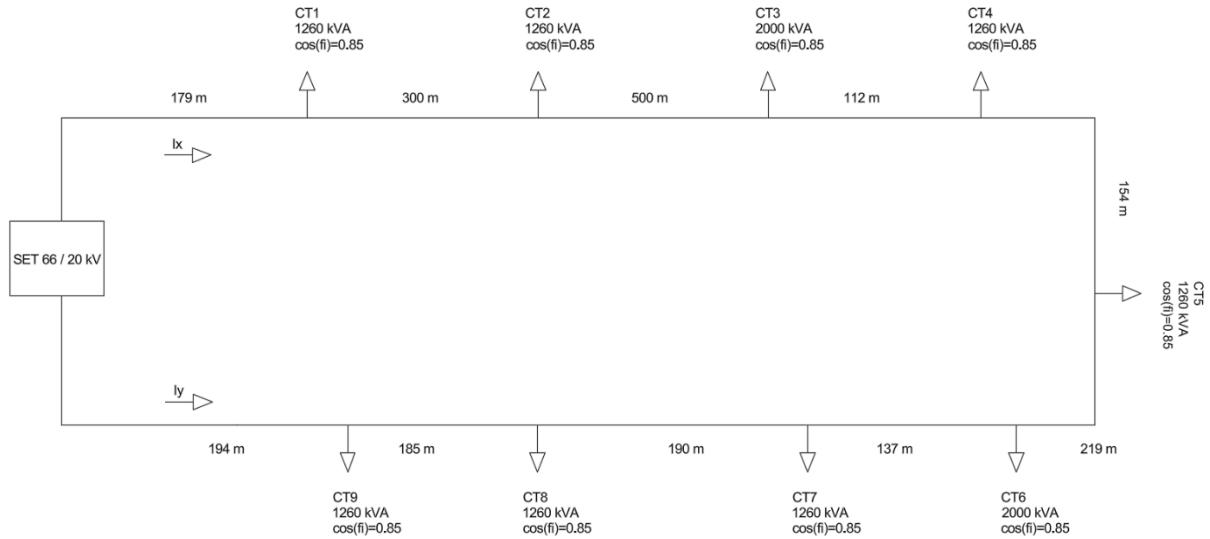


TABLA 96 ESQUEMA ANILLO 1

Cada primario de cada CT demandará una intensidad dada por:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} U_n} \angle \arccos(fdp)$$

Donde:

- S_n : Potencia nominal en MVA del CT.
- U_n : Tensión nominal en kV.
- I_n : Corriente nominal en A.
- fdp : Factor de potencia

CT	S (kVA)	i (A)
CT1	1260	30.92 -19.16j
CT2	1260	30.92 -19.16j
CT3	2000	49.07 -30.41j
CT4	1260	30.92 -19.16j
CT5	1260	30.92 -19.16j
CT6	2000	49.07 -30.41j
CT7	1260	30.92 -19.16j
CT8	1260	30.92 -19.16j
CT9	1260	30.92 -19.16j

TABLA 97 CORRIENTE DE CARGA



Cálculo de las corrientes por ambos extremos:

$$I_y = \sum(Z \times i) / Z_T$$

$$I_x = \sum(i - I_y)$$

Siendo:

- I_x = intensidad de corriente que entra al anillo por el extremo 0
- I_y = intensidad de corriente que entra al anillo por el extremo 0'
- i = intensidad que demanda el primario de cada transformador
- Z = Impedancia acumulada desde el extremo 0 hasta cada punto del anillo de MT
- $Z = R - jX$
- $R = R \Omega/\text{km} \times L$
- $X = X \Omega/\text{km} \times L$
- L = longitud desde el origen 0 hasta el punto considerado del anillo de MT en km
- Z_T = impedancia total acumulada desde el extremo 0 hasta el extremo 0'

Impedancias Acumuladas

La impedancia se acumula desde el origen hasta el nudo considerado:

$$Z_{\text{tramo}} = (R + jX) \cdot L_{\text{hastaOrigen}}$$

Tramo	Distancia acumulada (m)	Carga Acumulada (MVA)	Tensión (kV)	Cos(ϕ)	Intensidad Acumulada (A)	Resis. acum (Ω)	React. acum(Ω)	I (A)	Z*I (V)
SET-CT1	179	12,82	20	0,8	370,0815226	0,0179	0,019	30.92 -19.16j	0.19 -0.93j
CT1-CT2	479	11,56	20	0,8	333,7084556	0,0479	0,051	30.92 -19.16j	0.51 -2.49j
CT2-CT3	979	10,3	20	0,8	297,3353886	0,0979	0,104	49,07 -30.41j	1.65 -8.07j
CT3-CT4	1091	8,3	20	0,8	239,6003617	0,1091	0,116	30.92 -19.16j	1.16 -5.67j
CT4-CT5	1245	7,04	20	0,8	203,2272948	0,1245	0,132	30.92 -19.16j	1.32 -6.47j
CT5-CT6	1464	5,78	20	0,8	166,8542278	0,1464	0,155	49,07 -30.41j	2.46 -12.07j
CT6-CT7	1601	3,78	20	0,8	109,1192009	0,1601	0,170	30.92 -19.16j	1.70 -8.31j
CT7-CT8	1710	2,52	20	0,8	72,74613392	0,171	0,181	30.92 -19.16j	1.81 -8.88j
CT8-CT9	1795	1,26	20	0,8	36,37306696	0,1795	0,190	30.92 -19.16j	1.90 -9.30j
CT9-SET	1989	0	20	0,8	0	0,1989	0,211	0	0

TABLA 98 IX E IY

Cálculo de I_y e I_x

$$I_y = \frac{12.705 - 62.204i}{(0.199 - 0.211i \Omega)} = 186.18 - 115.39j \text{ A}$$

$$I_x = \sum I - I_y = 128.39 - 79.57j \text{ A}$$

Intensidades por Tramo

La intensidad de cada tramo es:

$$I_{\text{tramo}} = I_{\text{tramoAnterior}} - I_{\text{CT}}$$



Tramo	Intensidad (A)
SET-CT1	128.39 -79.57j
CT1-CT2	97.47 -60.41j
CT2-CT3	66.55 -41.25j
CT3-CT4	17.48 -10.83j
CT4-CT5	-13.44 +8.33j
CT5-CT6	-44.36 +27.49j
CT6-CT7	-93.43 +57.90j
CT7-CT8	-124.35 +77.06j
CT8-CT9	-155.27 +96.23j
CT9-SET	-186.18 +115.39j

TABLA 99 INTENSIDADES

La intensidad que circula por cada tramo es menor que la admisible por el conductor, por lo que cumple.

Cálculo del punto de mínima tensión (pmt)

Calculada la intensidad que circula por cada tramo, el punto en el que la componente activa de la intensidad cambie de signo, será el pmt.

De manera que el punto de mínima tensión será 4, ya que en el tramo CT4-CT5 la componente activa de la corriente cambia de signo. Esto implica que, en dicho punto, se demandará corriente por ambos lados, siendo pmt.

Caída de Tensión en Anillo 1 MT

Para un anillo de MT primero se calcula el punto de mínima tensión (pmt). Después se separará dicho anillo en dos ramas y se calculará la caída de tensión para ambas ramas independientemente desde el origen hasta el final de cada rama que será el punto de mínima tensión.

La caída de tensión para una línea de MT con cargas repartidas:

$$\Delta U = \sqrt{3} \times \left[\sum (R_{Ti} \times I_{ai} + X_{Ti} \times I_{ri}) \right] \rightarrow \text{Expresión del Momento Eléctrico}$$

Siendo:

- ΔU : caída de tensión por la rama desde el origen hasta el final en voltios
- R_{Ti} : resistencia acumulada de la línea desde el origen hasta el punto considerado

$$R_{Ti} = R_{\left\{ \frac{\Omega}{\text{km}} \right\}} \times L_{\{\text{km}\}}$$

- L = longitud desde el origen hasta el punto considerado de la rama en km
- I_{ai} : intensidad activa de la carga en cada punto
- X_{Ti} : reactancia acumulada de la línea desde el origen hasta el punto considerado

$$X_{Ti} = X_{\left\{ \frac{\Omega}{\text{km}} \right\}} \times L_{\{\text{km}\}}$$



- I_{ri} : intensidad reactiva de la carga en cada punto.

RAMA 1

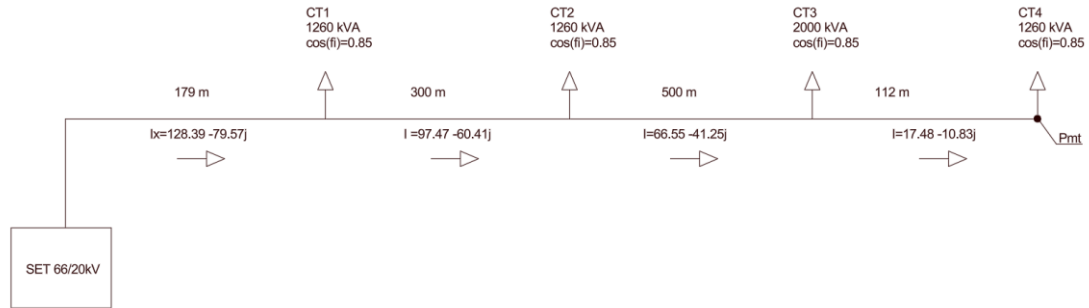


TABLA 100 RAMA 1 ANILLO 1

Tramo	Intensidad (A)	Longitud (km)	R acum (Ω)	X acum (Ω)	I a (A)	I r (A)	ΔU (V)
SET-CT1	128.39 -79.57j	0,179	0,0179	0,019	128,39	-79,57	0,0068
CT1-CT2	97.47 -60.41j	0,479	0,0479	0,0508	97,47	-60,41	0,0139
CT2-CT3	66.55 -41.25j	0,979	0,0979	0,1038	66,55	-41,25	0,0194
CT3-CT4	17.48 -10.83j	1,091	0,1091	0,1156	17,48	-10,83	0,0057
						TOTAL	0,0458

TABLA 101 CAÍDA TENSIÓN

0,0458% < 5%

RAMA 2

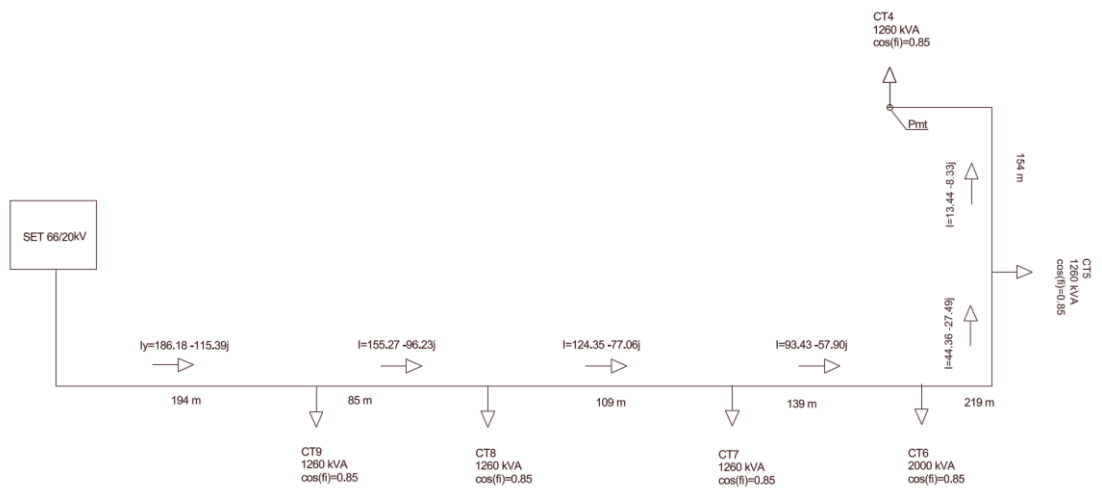


FIGURA 157 RAMA 2 ANILLO 2

Tramo	Longitud (km)	R_acum (Ω)	X_acum (Ω)	I_a (A)	I_r (A)	ΔU (%)
CT9-SET	0,194	0,0194	0,0206	30,92	-19,16	0,0018
CT8-CT9	0,279	0,0279	0,0296	30,92	-19,16	0,0026
CT7-CT8	0,388	0,0388	0,0411	30,92	-19,16	0,0036
CT6-CT7	0,525	0,0525	0,0556	49,07	-30,41	0,0077
CT5-CT6	0,744	0,0744	0,0789	30,92	-19,16	0,0068
CT4-CT5	0,898	0,0898	0,0952	30,92	-19,16	0,0082
					TOTAL	0,0307

TABLA 102 CAÍDA TENSIÓN

$$0,0307\% < 5\%$$

ANILLO 2

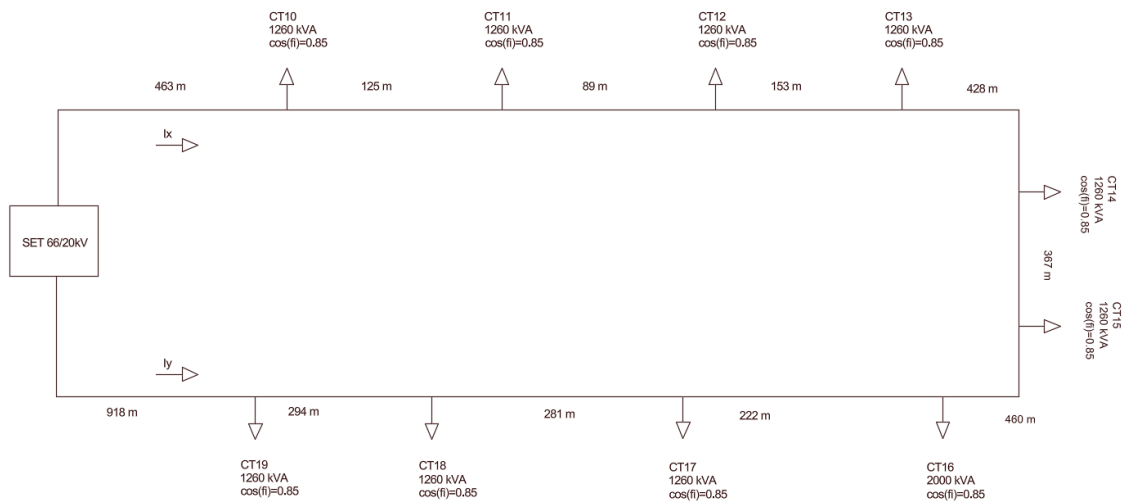


FIGURA 158 ANILLO 2

Corrientes de Carga

Cada primario de cada CT demandará una intensidad dada por:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} U_n} \angle \arccos(\text{fdp})$$

- Donde:
- S_n : Potencia nominal en MVA del CT.
- U_n : Tensión nominal en kV.



- In: Corriente nominal en A.
- fdp: Factor de potencia

CT	S (kVA)	i (A)
CT10	1260	30.92 -19.16j
CT11	1260	30.92 -19.16j
CT12	1260	30.92 -19.16j
CT13	1260	30.92 -19.16j
CT14	1260	30.92 -19.16j
CT15	1260	30.92 -19.16j
CT16	2000	49.07 -30.41j
CT17	1260	30.92 -19.16j
CT18	1260	30.92 -19.16j
CT19	1260	30.92 -19.16j

TABLA 103 CORRIENTE DE CARGA

Cálculo de las corrientes por ambos extremos:

$$I_y = \sum(Z \times i) / Z_T$$

$$I_x = \sum(i - I_y)$$

Siendo:

- I_x = intensidad de corriente que entra al anillo por el extremo 0
- I_y = intensidad de corriente que entra al anillo por el extremo 0'
- i = intensidad que demanda el primario de cada transformador
- Z = Impedancia acumulada desde el extremo 0 hasta cada punto del anillo de MT
- $Z = R - jX$
- $R = R \Omega/\text{km} \times L$
- $X = X \Omega/\text{km} \times L$
- L = longitud desde el origen 0 hasta el punto considerado del anillo de MT en km
- Z_T = impedancia total acumulada desde el extremo 0 hasta el extremo 0'

Impedancias Acumuladas

La impedancia se acumula desde el origen hasta el nudo considerado:

$$Z_{\text{tramo}} = (R + jX) \cdot L_{\text{hastaOrigen}}$$



Tramo	Distancia acumulada	Potencia CT	Carga Acumulada (MVA)	Tensión (kV)	Cos(φ)	Intensidad Acumulada (A)	Resiste acum(Ω)	Reactancia Acumulada (Ω)	I (A)	Z*I (V)
SET-CT10	463	1,26	13,34	20,0	0,85	385,093	0,046	0,0491	30.92 -19.16j	0.49 -2.40j
CT10-CT11	588	1,26	12,08	20	0,85	348,720	0,059	0,0623	30.92 -19.16j	0.62 -3.05j
CT11-CT12	677	1,26	10,82	20	0,85	312,346	0,068	0,0718	30.92 -19.16j	0.72 -3.52j
CT12-CT13	830	1,26	9,56	20	0,85	275,973	0,083	0,0880	30.92 -19.16j	0.88 -4.31j
CT13-CT14	1258	1,26	8,3	20	0,85	239,600	0,126	0,1333	30.92 -19.16j	1.33 -6.53j
CT14-CT15	1625	1,26	7,04	20	0,85	203,227	0,163	0,1723	30.92 -19.16j	1.72 -8.44j
CT15-CT16	2085	1,26	5,78	20	0,85	166,854	0,209	0,2210	30.92 -19.16j	3.51 -17.19j
CT16-CT17	2307	2	3,78	20	0,85	109,119	0,231	0,2445	49.07 -30.41j	2.45 -11.98j
CT17-CT18	2588	1,26	2,52	20	0,85	72,746	0,259	0,2743	30.92 -19.16j	2.75 -13.44j
CT18-CT19	2882	1,26	1,26	20	0,85	36,373	0,288	0,3055	30.92 -19.16j	3.06 -14.97j
CT19-SET	3800	0	0	20	0,85	0,000	0,380	0,4028		0

Cálculo de I_y e I_x

$$I_y = \frac{17.530 - 85.832i}{(0.380 - 0.403i \Omega)} = 134.47 - 83.34j \text{ A}$$

$$I_x = \Sigma I - I_y = 192.86 - 119.52j \text{ A}$$

Intensidades por Tramo

La intensidad de cada tramo es:

$$I_{\text{tramo}} = I_{\text{tramoAnterior}} - I_{\text{CT}}$$

Tramo	Intensidad (A)
SET-CT10	192.86 -119.52j
CT10-CT11	161.94 -100.36j
CT11-CT12	131.03 -81.20j
CT12-CT13	100.11 -62.04j
CT13-CT14	69.19 -42.88j
CT14-CT15	38.27 -23.72j
CT15-CT16	7.36 -4.56j
CT16-CT17	-41.72 +25.85j
CT17-CT18	-72.64 +45.02j
CT18-CT19	-103.55 +64.18j
CT19-SET	-134.47 +83.34j

TABLA 104 INTENSIDAD TRAMOS

La intensidad que circula por cada tramo es menor que la admisible por el conductor, por lo que cumple.

Cálculo del punto de mínima tensión (pmt)

Calculada la intensidad que circula por cada tramo, el punto en el que la componente activa de la intensidad cambie de signo, será el pmt.



De manera que el punto de mínima tensión será 16, ya que en el tramo CT16-CT17 la componente activa de la corriente cambia de signo. Esto implica que, en dicho punto, se demandará corriente por ambos lados, siendo pmt.

Caída de Tensión en Anillo 1 MT

Para un anillo de MT primero se calcula el punto de mínima tensión (pmt). Después se separará dicho anillo en dos ramas y se calculará la caída de tensión para ambas ramas independientemente desde el origen hasta el final de cada rama que será el punto de mínima tensión.

La caída de tensión para una línea de MT con cargas repartidas:

$$\Delta U = \sqrt{3} \times \left[\sum (R_{Ti} \times I_{ai} + X_{Ti} \times I_{ri}) \right] \rightarrow \text{Expresión del Momento Eléctrico}$$

Siendo:

- ΔU : caída de tensión por la rama desde el origen hasta el final en voltios
- R_{Ti} : resistencia acumulada de la línea desde el origen hasta el punto considerado

$$R_{Ti} = R_{\left\{\frac{\Omega}{\text{km}}\right\}} \times L_{\{\text{km}\}}$$

- L = longitud desde el origen hasta el punto considerado de la rama en km
- I_{ai} : intensidad activa de la carga en cada punto
- X_{Ti} : reactancia acumulada de la línea desde el origen hasta el punto considerado
- $X_{Ti} = X_{\left\{\frac{\Omega}{\text{km}}\right\}} \times L_{\{\text{km}\}}$
- I_{ri} : intensidad reactiva de la carga en cada punto.

RAMA 1

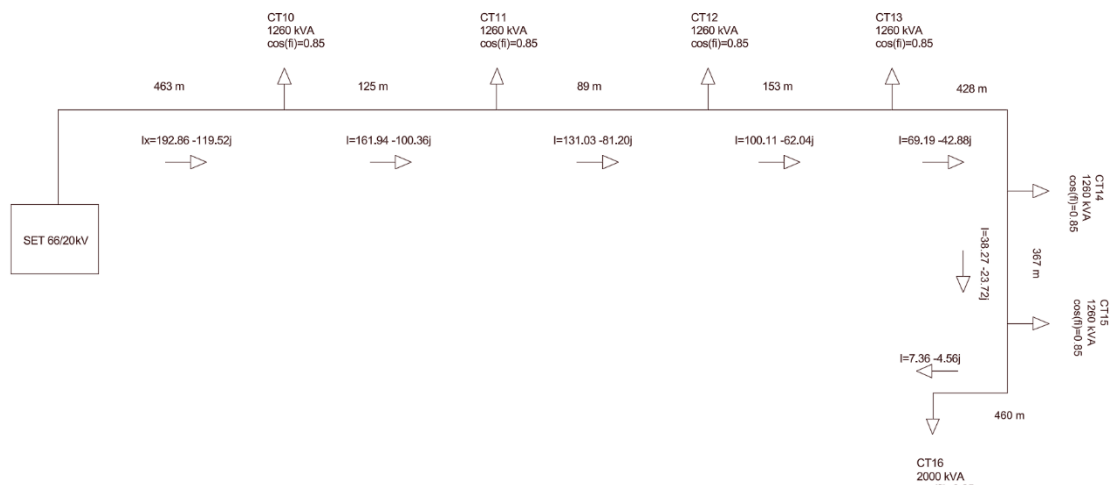


TABLA 105 RAMA 1



Tramo	Distancia (m)	Distancia acumulada	Reactancia acumulada (Ω)	I_a (A)	I_r (A)	ΔU (V)
SET-CT10	0,463	0,0463	0,0491	30,92	-19,16	0,0043
CT10-CT11	0,588	0,0588	0,0623	30,92	-19,16	0,0054
CT11-CT12	0,677	0,0677	0,0718	30,92	-19,16	0,0062
CT12-CT13	0,83	0,083	0,088	30,92	-19,16	0,0076
CT13-CT14	1,258	0,1258	0,1333	30,92	-19,16	0,0116
CT14-CT15	1,625	0,1625	0,1722	30,92	-19,16	0,0149
					TOTAL	0,05

$$0,05\% < 5\%$$

RAMA 2

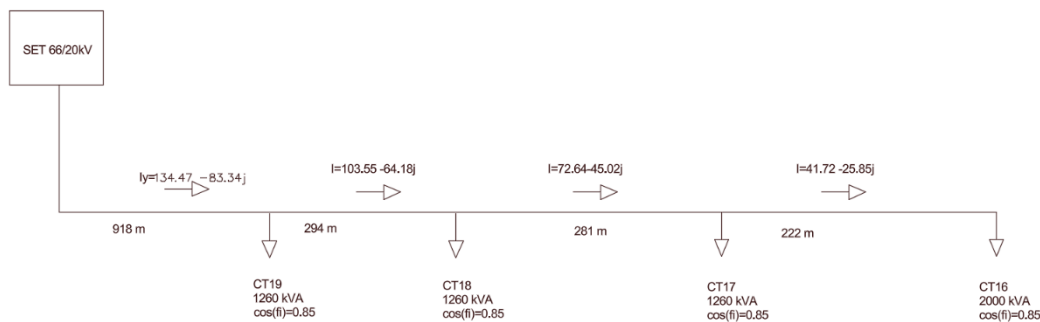


TABLA 106 RAMA 2

Tramo	Distancia (m)	Distancia acumulada	Reactancia acumulada (Ω)	I_a (A)	I_r (A)	ΔU (V)
CT19-SET	0,918	0,0918	0,0973	30,92	-19,16	0,0084
CT18-CT19	1,212	0,1212	0,1285	30,92	-19,16	0,0111
CT17-CT18	1,493	0,1493	0,1583	30,92	-19,16	0,0137
CT16-CT17	1,715	0,1715	0,1818	49,07	-30,41	0,025
CT15-CT16	2,175	0,2175	0,2305	30,92	-19,16	0,02
					TOTAL	0,0782

TABLA 107 CAIDA TENSIÓN RAMA 2

$$0,0307\% < 5\%$$

Longitud crítica

La capacidad total de la línea es proporcional a su longitud, de forma que a mayor longitud de la línea mayor será la corriente capacitiva.



Esta longitud es en la que la que toda la corriente admisible de la línea se emplearía en alimentar la capacidad del cable.

$$I_z = I_c$$

$$I_c = \frac{U_n \cdot \omega \cdot C \cdot L_c}{\sqrt{3} \cdot 10^3}$$

$$L_c = \frac{I_z}{\omega \cdot C} \cdot \frac{\sqrt{3}}{U_n} \cdot 10^3 = \frac{385}{2\pi \cdot 50 \cdot 0.327} \cdot \frac{\sqrt{3}}{20} \cdot 10^3 = 325 \text{ (km)}$$

Donde:

$C = 0.327$ capacidad de la línea en $\mu\text{F/km}$ (fabricante).

ω = pulsación angular ($2\pi f$), siendo $f = 50$ Hz.

U_n = tensión nominal de la línea en kV (tensión entre fases).

I_z = intensidad máxima admisible en servicio permanente por la línea en A.

Se verifica que la longitud crítica del cable es significativamente mayor que cualquier tramo del proyecto.

$$L_c \gg L$$

Pérdidas dieléctricas, w_d

Las pérdidas dieléctricas por unidad de longitud y fase:

$$\begin{aligned} W_d &= \omega \cdot C \cdot U_0^2 \cdot \text{tg}\delta \\ &= 2\pi \cdot 50 \cdot 3.46 \times 10^{-10} \cdot 12 \times 10^3 \cdot 0.001 = 1.304 \times 10^{-6} \text{ W/m} \\ W_d &= 0.05216 \text{ W} \end{aligned}$$

- ω = pulsación eléctrica, igual a 2π veces la frecuencia, s^{-1}
 - C = capacidad del cable por unidad de longitud, (F/m) (FABRICANTE)
- Aunque este parámetro también puede ser calculado mediante:

$$C = \frac{2\pi \cdot \epsilon_r \epsilon_0}{\ln\left(\frac{d_{\text{ais}}}{d_c}\right)}$$

- $\text{tg}\delta$ = factor de pérdidas del aislamiento a la frecuencia y temperatura de servicio. El factor de pérdidas es adimensional, por ejemplo:
- Para cables con aislamiento de XLPE es muy pequeño (entre 0,005 y 0,001).
- U_0 = tensión con relación a tierra en voltios.



11. Centros de transformación

Para el diseño, configuración y verificación de las características de los CTs, se ha usado la herramienta profesional AmiKit, de Ormazabal.

El diseño de los CT se ha realizado conforme a la normativa vigente y a las Especificaciones Técnicas Particulares de la empresa distribuidora NRZ001.

11.1 Intensidad de Media Tensión

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

donde:

- P potencia del transformador [kVA]
- U_p tensión primaria [kV]
- I_p intensidad primaria [A]

En el caso que nos ocupa, la tensión primaria de alimentación es de 20 kV.

- En el caso del centro de transformación con dos transformadores de 630 kVA, la intensidad primaria de cada transformador es $I_p = 18,1865 A$ siendo la total $I_{total} = 36,3731 A$.
- En el caso del centro de transformación con dos transformadores de 1000 kVA, la intensidad primaria de cada transformador es $I_p = 28,8675 A$ siendo la total $I_{total} = 57,7350 A$.

11.2 Intensidad de Baja Tensión

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_s = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_s}$$

donde:

- P potencia del transformador [kVA]
- U_s tensión en el secundario [kV]
- I_s intensidad en el secundario [A]

Con una tensión secundaria de 420 V en vacío.

- En el caso del centro de transformación con dos transformadores de 630 kVA, la intensidad primaria de cada transformador es $I_p = 886,0254 A$ siendo la total $I_{total} = 1732,0508 A$.
- En el caso del centro de transformación con dos transformadores de 1000 kVA, la intensidad primaria de cada transformador es $I_p = 1374,6435 A$ siendo la total $I_{total} = 2749,287 A$.



11.3 Cortocircuitos

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito, se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de MT, valor especificado por la compañía eléctrica.

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, se utiliza la expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

donde:

- S_{cc} potencia de cortocircuito de la red [MVA]
- U_p tensión de servicio [kV]
- I_{ccp} corriente de cortocircuito [kA]

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot E_{cc} \cdot U_s}$$

donde:

- P potencia de transformador [kVA]
- E_{cc} tensión de cortocircuito del transformador [%]
- U_s tensión en el secundario [V]
- I_{ccs} corriente de cortocircuito [kA]

Cortocircuito en el lado de Media Tensión

Sabiendo que la potencia de cortocircuito es de 500 MVA y la tensión de servicio 20 kV, la intensidad de cortocircuito es :

$$I_{ccp} = 14,434 \text{ kA}$$

Cortocircuito en el lado de Baja Tensión

Para los transformadores de 630 kVA, la tensión porcentual es del 4% y la tensión secundaria es de 420 V en vacío. Por tanto, la intensidad de cortocircuito es:

$$I_{ccs} = 21,650 \text{ kA}$$

Para los transformadores de 1000 kVA, la tensión porcentual es del 6% y la tensión secundaria es de 420 V en vacío. Por tanto, la intensidad de cortocircuito es:

$$I_{ccs} = 22,911 \text{ kA}$$



11.4 Dimensionado del embarrado

Las celdas fabricadas por ORMAZABAL han sido sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las placas de características, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento de celdas.

Comprobación por densidad de corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material conductor. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 630 A.

Comprobación por sollicitación electrodinámica

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito calculada en el apartado 2.3.2.a de este capítulo, por lo que:

$$\cdot I_{cc}(\text{din}) = 36,085 \text{ kA}$$

Comprobación por sollicitación térmica

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aparamenta por defecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor. En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

$$\cdot I_{cc}(\text{ter}) = 14,434 \text{ kA.}$$

Protección contra sobrecargas y cortocircuitos

Los transformadores están protegidos tanto en MT como en BT. En MT la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, mientras que en BT la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de salida.

Transformador

La protección en MT de este transformador se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles, siendo éstos los que efectúan la protección ante eventuales cortocircuitos.

Estos fusibles realizan su función de protección de forma ultrarrápida (de tiempos inferiores a los de los interruptores automáticos),

Sin embargo, los fusibles no constituyen una protección suficiente contra las sobrecargas, que tendrán que ser evitadas incluyendo un relé de protección de transformador, o si no es posible, una protección térmica del transformador.

La intensidad nominal de estos fusibles es de 40 A para CT 1.260 MVA.



La intensidad nominal de los fusibles es de 50 A CT 2000 MVA.

- Protecciones en BT

Las salidas de BT cuentan con fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad nominal exigida a esa salida y un poder de corte como mínimo igual a la corriente de cortocircuito Dimensionado de los puentes de MT

Transformador

La intensidad nominal demandada por este transformador es igual a 18,187 A , se empleará cable de sección de 95 mm² de Al según el fabricante.

11.5 Dimensionado del pozo apagafuegos

Se dispone de un foso de recogida de aceite de 600 l de capacidad por cada transformador cubierto de grava para la absorción del fluido y para prevenir el vertido del mismo hacia el exterior y minimizar el daño en caso de fuego.

11.6 Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra

11.6.1 Investigación de las características del suelo

El Reglamento de Alta Tensión indica que para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina la resistividad media en 100 Ohm·m.

11.6.2 Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto

En las instalaciones de MT de tercera categoría, los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

De la red:

- Tipo de neutro. El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.
- Tipo de protecciones. Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.



No obstante, y dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando la intensidad máxima empírica y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben ser indicados por la compañía eléctrica.

Intensidad máxima de defecto:

$$I_{d\max\text{ cal.}} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_n^2 + X_n^2}}$$

donde:

- U_n Tensión de servicio [kV]
- R_n Resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm]
- X_n Reactancia de puesta a tierra del neutro [Ohm]
- $I_{d\max\text{ cal.}}$ Intensidad máxima calculada [A]

La $I_{d\max}$ en este caso será, según la fórmula 2.9.2.a :

$$I_{d\max\text{ cal.}} = 1818,512 \text{ A}$$

Superior o similar al valor establecido por la compañía eléctrica que es de:

$$I_{d\max} = 1000 \text{ A}$$

11.6.3 Diseño preliminar de la instalación de tierra

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en las configuraciones tipo presentadas en el Anexo 2 del método de cálculo de instalaciones de puesta a tierra de UNESA, que esté de acuerdo con la forma y dimensiones del Centro de Transformación, según el método de cálculo desarrollado por este organismo.

11.6.4 Cálculo de la resistencia del sistema de tierra

Características de la red de alimentación:

- Tensión de servicio: $U_r = 20 \text{ kV}$

Puesta a tierra del neutro:

- Resistencia del neutro $R_n = 6.35 \text{ Ohm}$
- Reactancia del neutro $X_n = 0 \text{ Ohm}$
- Limitación de la intensidad a tierra $I_{dm} = 1000 \text{ A}$



Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT:

$$V_{bt} = 10.000 \text{ V}$$

Características del terreno:

- Resistencia de tierra $R_o = 100 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$
- Resistencia del hormigón $R'o = 3000 \text{ Ohm}$

La resistencia máxima de la puesta a tierra de protección del edificio, y la intensidad del defecto salen de:

$$I_d \cdot R_t \leq V_{bt} \quad (2.9.4.a)$$

donde:

- I_d intensidad de falta a tierra [A]
- R_t resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
- V_{bt} tensión de aislamiento en baja tensión [V]

La intensidad del defecto se calcula de la siguiente forma:

$$I_d = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}}$$

donde:

- U_n tensión de servicio [V]
- R_n resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm]
- R_t resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
- X_n reactancia de puesta a tierra del neutro [Ohm]
- I_d intensidad de falta a tierra [A]

Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

$$I_d = 243,623 \text{ A}$$

La resistencia total de puesta a tierra preliminar:

$$R_t = 41,047 \text{ Ohm}$$



Se selecciona el electrodo tipo (de entre los incluidos en las tablas, y de aplicación en este caso concreto, según las condiciones del sistema de tierras) que cumple el requisito de tener una K_r más cercana inferior o igual a la calculada para este caso y para este centro.

Valor unitario de resistencia de puesta a tierra del electrodo:

$$K_r \leq \frac{R_t}{R_o}$$

donde:

- R_t resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
- R_o resistividad del terreno en [Ohm·m]
- K_r coeficiente del electrodo

- Centro de Transformación

Para nuestro caso particular, y según los valores antes indicados:

$$\cdot K_r \leq 0,4105$$

La configuración adecuada para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada \rightarrow 70/25/5/42
- Geometría de anillo \rightarrow rectangular
- Distancia de red \rightarrow 7,0x2,5 m
- Profundidad del electrodo horizontal \rightarrow 0,5 m
- Número de picas \rightarrow cuatro
- Longitud de las picas \rightarrow 2 metros
- Parámetros del electrodo:
 - Resistencia $K_r = 0,084$
 - Tensión de paso $K_p = 0,0186$
 - Tensión de contacto $K_c = 0,0409$

Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto.

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, se adaptan las siguientes medidas de seguridad:

- Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del Edificio/s no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.
- En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra de este.



- En el caso de instalar las picas en hilera, se dispondrán alineadas con el frente del edificio.

El valor real de la resistencia de puesta a tierra del edificio será:

$$R'_t = K_r \cdot R_o$$

donde:

- K_r coeficiente del electrodo
- R_o resistividad del terreno en [Ohm·m]
- R'_t resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

por lo que para el Centro de Transformación:

- $R't = 8,4 \text{ Ohm}$

y la intensidad de defecto real, tal y como indica la fórmula (2.9.4.b):

- $I'd = 782,846 \text{ A}$

11.6.5 Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación

Como medida de seguridad adicional, se incorporará una acera perimetral de hormigón alrededor del centro de anchura 1m. Gracias a esta medida no se precisa el cálculo de las tensiones de paso y de contacto, ya que éstas son prácticamente nulas.

La tensión de defecto vendrá dada por:

$$V'_d = R'_t \cdot I'_d$$

donde:

- R'_t resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
- I'_d intensidad de defecto [A]
- V'_d tensión de defecto [V]

por lo que en el Centro de Transformación:

- $V'd = 6575,909 \text{ V}$

11.6.6 Tensión de paso con un pie en la acera y otro en el terreno

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$V'_c = K_c \cdot R_o \cdot I'_d \quad (2.9.5.b)$$

donde:

- K_c coeficiente
- R_o resistividad del terreno en $[\text{Ohm}\cdot\text{m}]$
- I'_d intensidad de defecto $[\text{A}]$
- V'_c tensión de paso en el acceso $[\text{V}]$

$$V'_c = 3201 \text{ V}$$

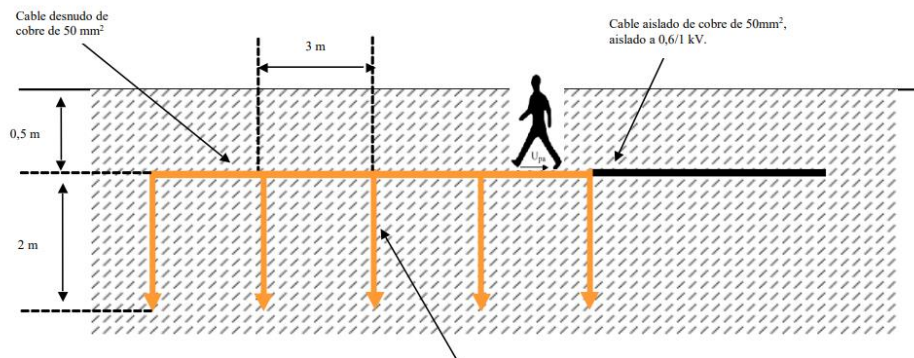


FIGURA 159 TENSIÓN DE PASO

11.6.7 Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación

Tensión de paso en el exterior:

$$V'_p = K_p \cdot R_o \cdot I'_d$$

donde:

- K_p coeficiente
- R_o resistividad del terreno en $[\text{Ohm}\cdot\text{m}]$
- I'_d intensidad de defecto $[\text{A}]$
- V'_p tensión de paso en el exterior $[\text{V}]$

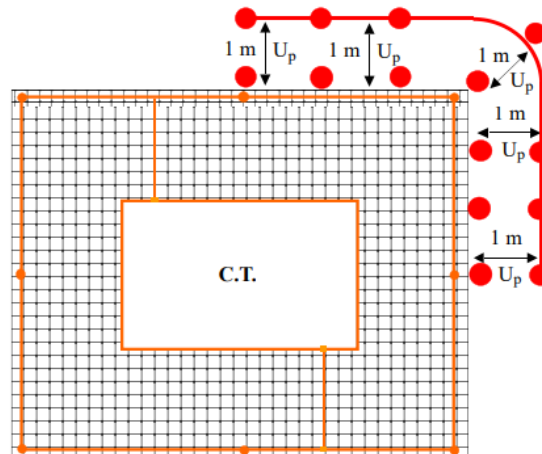


FIGURA 160 TENSIÓN DE PASO EXTERIOR

por lo que, para este caso:

- $V_p = 1456,094V$ en el Centro de Transformación

11.6.8 Cálculo de las tensiones aplicadas

- Centro de Transformación

Los valores admisibles son para una duración total de la falta igual a:

- $t = 1 s$

Tensión de paso en el exterior:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \left[1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot R_0}{1000} \right]$$

donde:

- U_{ca} : valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta
- R_0 : resistividad del terreno en $[Ohm \cdot m]$
- R_{a1} : Resistencia del calzado, superficies de material aislante, etc. $[Ohm]$

por lo que, para este caso

- $V_p = 5992 V$

La tensión de paso en el acceso al edificio:



$$U_{pacc} = 10 * U_{ca} \left[1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 3 \cdot R_o + 3 \cdot R_o'}{1000} \right]$$

donde:

- V_{ca} valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta
- R_o resistividad del terreno en [Ohm·m]
- R_o' resistividad del hormigón en [Ohm·m]
- R_{a1} Resistencia del calzado, superficies de material aislante, etc. [Ohm]

por lo que, para este caso

$$\cdot V_{p(acc)} = 15.301 \text{ V}$$

Comprobamos ahora que los valores calculados para el caso de este Centro de Transformación son inferiores a los valores admisibles:

Tensión de paso en el exterior del centro:

$$V'_p = 1456,094 < V_p = 5992 \text{ V}$$

Tensión de paso en el acceso al centro:

$$V'_{p(acc)} = 3,201 < V_{p(acc)} = 15301 \text{ V}$$

Tensión de defecto:

$$V'_d = 6575,909 < V_{bt} = 10000 \text{ V}$$

Intensidad de defecto:

$$\cdot I_a = 100 \text{ A} < I_d = 782,846 \text{ A} < I_{dm} = 1000 \text{ A}$$

11.6.9 Investigación de las tensiones transferibles al exterior

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando así que afecten a los usuarios, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas, siempre que la tensión de defecto supere los 1000V.

En este caso es imprescindible mantener esta separación, al ser la tensión de defecto superior a los 1000 V indicados.



La distancia mínima de separación entre los sistemas de tierras viene dada por la expresión:

$$D = \frac{R_o \cdot I'_d}{2000 \cdot \pi}$$

donde:

R_o	resistividad del terreno en [Ohm·m]
I'_d	intensidad de defecto [A]
D	distancia mínima de separación [m]

Para este Centro de Transformación:

$$\cdot D = 12,466 \text{ m}$$

Se conectará a este sistema de tierras de servicio el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características del sistema de tierras de servicio son las siguientes:

· Identificación:	5/22 (según método UNESA)
· Geometría:	Picas alineadas
· Número de picas:	dos
· Longitud entre picas:	2 metros
· Profundidad de las picas:	0,5 m

Los parámetros según esta configuración de tierras son:

- $K_r = 0,201$
- $K_c = 0,0392$

El criterio de selección de la tierra de servicio es no ocasionar en el electrodo una tensión superior a 24 V cuando existe un defecto a tierra en una instalación de BT protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 650 mA. Para ello la resistencia de puesta a tierra de servicio debe ser inferior a 37 Ohm.

$$R_{tserv} = K_r \cdot R_o = 0,201 \cdot 100 = 20,1 < 37 \text{ Ohm}$$

Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, protegido con tubo de PVC de grado de protección 7 como mínimo, contra daños mecánicos.



PLIEGO DE CONDICIONES



(Esta hoja se ha dejado en blanco intencionadamente)



ÍNDICE

1.	DEFINICIÓN Y ALCANCE	235
2.	NORMATIVA APLICABLE	235
3.	CONDICIONES FACULTATIVAS.....	235
3.1	ORGANIGRAMA GENERAL DE LA OBRA	235
3.2	REQUISITOS MÍNIMOS DE CUALIFICACIÓN DEL PERSONAL DE OBRA.....	236
4.	DISPOSICIONES GENERALES	237
4.1	Generalidades.....	237
5.	ALCANCE DEL SUMNISTRO	237
5.1	Alcance de los trabajos	237
6.	ACEPTACIÓN DEL PROYECTO DE DETALLE	237
7.	CONDICIONES PARTICULARES	238
7.1	OBRA CIVIL Y ARQUITECTURA	238
7.1.1	Características técnicas que han de satisfacer los materiales.....	238
7.1.1.1	Rellenos	238
7.1.1.2	Rellenos.....	238
7.1.1.3	Cementos	238
7.1.1.4	Áridos para morteros y hormigones	239
7.1.1.5	Hierros y aceros laminados	239
7.1.1.6	Acero en redondos para armaduras	239
7.1.1.7	Yesos.....	239
7.1.1.8	Fábrica de bloques de hormigón.....	239
7.1.1.9	Cerrajería	239
7.1.1.10	Vidriería.....	239
7.1.1.11	Pavimentos	239
7.1.1.12	Pinturas.....	240
7.1.1.13	Ventilación.....	240
7.1.1.14	Lámina impermeable para cubiertas.....	240
7.1.1.15	Canales de cables prefabricados	240
7.1.1.16	Tuberías de PEHD	241



7.1.1.17	Tuberías de PVC.....	241
7.1.1.18	Equipos y materiales eléctricos	241
7.1.1.19	Otros materiales.....	241
7.2	CONDICIONES QUE DEBEN CUMPLIRSE EN LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS 241	
7.2.1	Replanteo	241
7.2.2	Desbroces y limpieza del terreno	241
7.2.3	Excavación de la explanación y préstamos.....	242
7.2.4	Rellenos en explanación general.....	242
7.2.5	Escarificación y compactación	242
7.2.6	Fabricación del hormigón	242
7.2.7	Encofrados	243
7.2.8	Fábricas de hormigón en masa.....	243
7.2.9	Fábricas de hormigón armado.....	243
7.2.10	Hormigonado.....	243
7.2.11	Cunetas	243
7.2.12	Estructuras metálicas	243
7.2.13	Fábricas de ladrillo	244
7.2.14	Forjados.....	244
7.2.15	Guarnecidos	244
7.2.16	Enlucidos y enfoscados	244
7.2.17	Carpintería de madera.....	244
7.2.18	Cerrajería	244
7.2.19	Vidriería.....	244
7.2.20	Pavimentos.....	244
7.2.21	Sistemas de puesta a tierra.....	245
7.2.22	Alumbrado y fuerza en edificios.....	245
7.2.23	Limpieza de obras	245
7.3	PRUEBAS Y ENSAYOS	245
7.4	NORMATIVA APLICABLE	245
7.6	INFORMACIÓN A ENTREGAR POR EL SUMINISTRADOR	245
7.7	REGISTROS DE CALIDAD.....	246



7.8 GARANTÍAS.....	246
8. MONTAJE ELECTROMECAÁNICO	246
8.1 DESCRIPCIÓN DEL SUMNISTRO	246
8.2 DESCRIPCIÓN DEL SUMNISTRO	246
8.2.1 Generalidades.....	246
8.2.2 Implantación de obra.....	246
8.2.3 PRUEBAS Y ENSAYOS	247
10. INFORMACIÓN A ENTREGAR POR EL CONTRATISTA	249



(Esta hoja se ha dejado en blanco intencionadamente)



1. DEFINICIÓN Y ALCANCE

El presente Pliego tiene por objeto establecer las condiciones técnicas específicas que han de regir en la ejecución, desarrollo, control y recepción de las obras civiles y el montaje electromecánico de la Subestación configurada en anillo y los Centros de Transformación (CTs) asociados al proyecto, garantizando así la calidad técnica, seguridad operacional y cumplimiento normativo en todas las fases del mismo.

2. NORMATIVA APLICABLE

- 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.842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- Normas UNE y CEI.
- Normas CENELEC, Comité Europeo para la Normalización.
- Especificaciones particulares E-DISTRIBUCIÓN Redes Digitales.
- Normas vigentes del Ministerio de Fomento que tengan aplicación.
- Prescripciones de seguridad de UNESA.
- Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y los Reglamentos que la desarrollan.
- R.D. 614/2001 sobre Riesgo Eléctrico
- Ley de Carreteras del Ministerio de Fomento.
- Legislación Medio Ambiental (Residuos Industriales, Jardinería, Ruidos, Aceites, Estudio Impacto Ambiental e Integración en el entorno, etc.)
- Legislación Municipal y Urbanística.

- Instrucción de hormigón estructural (EHE-08)
- Código Técnico de la Edificación
- R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- R.D. 1751/1998, de 31 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE) y se crea la Comisión Asesora para las Instalaciones Térmicas de los Edificios.
- R.D. 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

3. CONDICIONES FACULTATIVAS

3.1 ORGANIGRAMA GENERAL DE LA OBRA

- a) En el proceso de diseño y construcción de SSEE participarán tres servicios distintos:
 - A. Ingeniería.



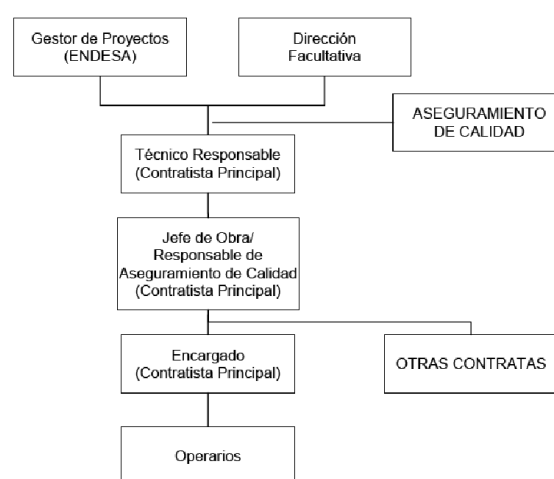
B. Construcción y montaje.

C. Control de Calidad, Seguimiento y Activación, Seguridad y Salud, y Seguimiento certificaciones contratistas.

En principio un mismo contratista puede conjuntamente asumir los servicios A y B o A y C.

La Dirección Facultativa será el equipo responsable de la obra, actuando como representante del promotor ante la Administración y otros organismos competentes.

- b) La jefatura de obra: técnico designado por la empresa contratista principal, cumplirá con los requisitos mínimos de cualificación indicados en el apartado 5.3. Podrá ser también Responsable de Calidad.
- c) La empresa contratista principal :aportará un organigrama detallado de la obra dentro del PAC, donde se reflejen claramente las relaciones jerárquicas y funcionales del equipo técnico asignado.



- d) Se indicarán los nombres completos y datos de contacto de las personas que ocupan cada puesto. La Dirección Facultativa será designada por el promotor y figurará identificada en el PAC.

3.2 REQUISITOS MÍNIMOS DE CUALIFICACIÓN DEL PERSONAL DE OBRA

- a) Los requisitos mínimos de cualificación:

Técnico Responsable de la Obra

Formación: titulación, Ingeniería o equivalente. Formación mínima en PRL (50 horas).

Jefe de Obra

Formación: titulación, preferiblemente en Ingeniería Técnica Industrial o similar.
Formación básica en prevención (50 horas).

Responsable de Aseguramiento de Calidad

Formación: :titulación en alguna rama técnica.



Encargado

Formación: nivel mínimo . Formación en Prevención de Riesgos Laborales (50 horas).

- b) El Responsable de Calidad de la obra debe disponer la documentación que demuestren el cumplimiento de formación y experiencia profesional del personal asignado a la obra

4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Generalidades

El adjudicatario adaptará el proyecto a las características concretas de la subestación en anillo con centros de transformación, asumiendo la ejecución de la obra civil, estructuras, montaje electromecánico e instalaciones auxiliares. Será responsable del suministro, transporte, montaje y puesta en servicio de todos los sistemas, excepto el aparellaje de media tensión, que será instalado por su fabricante.

Se incluyen instalaciones de alumbrado, fuerza, insonorización, aislamiento, redes de tierras, sistemas contra incendios y antiintrusión, además de cuadros de control, servicios auxiliares, protecciones, contaje y comunicaciones. También deberá prestar asistencia técnica durante la garantía.

El suministro cumplirá con los estándares actuales en ingeniería, seguridad, medioambiente y normativa vigente, empleando materiales de primera calidad. Se garantizarán condiciones óptimas de seguridad frente a fallos, incendios o descargas eléctricas, cumpliendo todas las normativas aplicables.

5. ALCANCE DEL SUMNISTRO

5.1 Alcance de los trabajos

Los trabajos a ejecutar comprenderán, en primer lugar, la aceptación del proyecto de detalle facilitado por e-distribución.

Durante el desarrollo de la obra, será necesario registrar y notificar cualquier modificación introducida, con el fin de elaborar posteriormente la documentación “as-built”.

También se incluirá el suministro de aquellos materiales considerados no estratégicos. Asimismo, se llevará a cabo la ejecución completa de la obra civil.

Dentro del ámbito de actuación se contempla también el suministro, transporte e instalación de la estructura metálica prevista.

Además, se realizará el montaje de los elementos electromecánicos, integrando los sistemas de control, protección y telemando necesarios. Finalmente, se procederá a la ejecución de las pruebas funcionales, la puesta en servicio de la instalación y la dirección técnica de los trabajos

6. ACEPTACIÓN DEL PROYECTO DE DETALLE

Una vez recibido el proyecto de detalle, el contratista deberá revisarlo, comunicar cualquier incidencia y aplicar las modificaciones requeridas. La aceptación implica ejecutar la obra de forma completa y funcional, según lo previsto en la documentación contractual, incluso cuando no se detallan todos los aspectos.



Contratista: responsable de suministrar e instalar todos los materiales no estratégicos, aportar los recursos humanos y técnicos necesarios. Asumiendo la gestión de residuos, excedentes y servicios auxiliares imprescindibles para asegurar la correcta finalización de la obra conforme a su propósito y a la buena práctica constructiva.

7. CONDICIONES PARTICULARES

7.1 OBRA CIVIL Y ARQUITECTURA

7.1.1 Características técnicas que han de satisfacer los materiales

7.1.1.1 Rellenos

Para la ejecución de aquellos trabajos relacionado con el relleno, todos los materiales que se empleen deberán reunir unas condiciones y cumplir con los criterios establecidos en la normativa vigente.

De acuerdo con las especificaciones del artículo 330, correspondiente al apartado de “Terraplenes”, del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), documento elaborado por el Ministerio de Fomento, establece la granulometría, compactación y comportamiento mecánico de los materiales,. El cumplimiento de estas prescripciones será supervisado por la dirección facultativa durante todas las fases de ejecución.

7.1.1.2 Rellenos

Los materiales utilizados para la formación de rellenos provendrán preferentemente de las excavaciones generadas en la propia obra o, en su defecto, de zonas de préstamo autorizadas. Deberán estar libres de elementos con tamaño superior a 10 cm, salvo indicación contraria en los planos del proyecto. Además, deberán presentar un porcentaje de paso por el tamiz 0,080 mm (UNE) inferior al 35% en peso y un límite líquido que no supere el 40% ($LL < 40$). En cuanto a su comportamiento mecánico, se exigirá un índice C.B.R. superior a 5, con un hinchamiento menor al 2%. Respecto a la compactación, se requerirá alcanzar una densidad igual o superior al 100% del ensayo Proctor normal en la capa superior (últimos 60 cm) y al menos del 95% en el resto del relleno.

Cuando se emplee material granular, este deberá consistir en áridos naturales o procedentes del machaqueo de piedra de cantera o grava, siempre libres de arcillas, margas u otros componentes no deseables que puedan alterar la estabilidad del relleno.

7.1.1.3 Cementos

Se utilizará cemento Portland artificial conforme a la EHE. En ambientes agresivos se recurrirá a cemento sulforresistente (SR). Todo el cemento deberá cumplir lo establecido en la RC-16 y la normativa de hormigón estructural vigente



7.1.1.4 Áridos para morteros y hormigones

Los áridos deberán cumplir lo exigido en la normativa EHE. Antes del inicio de los trabajos, el Director de Obra definirá las proporciones y tamaños para obtener una curva granulométrica adecuada. Se emplearán al menos tres fracciones distintas y se establecerá el tamaño máximo admisible por tipo de obra.

7.1.1.5 Hierros y aceros laminados

Los perfiles metálicos deberán presentar grano fino, estructura homogénea y estar libres de fisuras o defectos visibles. Cumplirán con lo establecido en el Documento Básico SE-A del Código Técnico de la Edificación.

7.1.1.6 Acero en redondos para armaduras

Las barras para armaduras deberán estar libres de defectos como grietas o cavidades, ser rectas y tener sección circular uniforme. Su diámetro y forma deberán coincidir con los planos, y deberán cumplir la normativa EHE.

7.1.1.7 Yesos

Se usará yeso que cumpla los requisitos establecidos en la norma UNE-EN 13279-1:2009, específica para productos de construcción a base de yeso.

7.1.1.8 Fábrica de bloques de hormigón

Los bloques vistos deberán ser regulares, sin roturas ni defectos, fabricados con árido de mármol blanco y cemento blanco. Podrán llevar colorante y deberán colocarse con mortero 3:1. Los cortes se harán con radial y se protegerán durante el acabado. En bloques no vistos se permitirán pequeñas imperfecciones según criterio del Director de Obra.

7.1.1.9 Cerrajería

Puertas y ventanas estarán fabricadas con acero galvanizado o aluminio. Las hojas tendrán espesores de 0,7 mm (exteriores) y 2 mm (interiores). Los herrajes deberán ser de calidad y aprobados por la Dirección de Obra. Las rejas, si se instalan, serán fijas, con acero F1120 como mínimo, cumpliendo UNE 108-142-88.

7.1.1.10 Vidriería

Los vidrios deberán resistir la acción de la intemperie sin presentar defectos como burbujas, grietas o manchas. Serán planos, con espesor uniforme y bordes rectos. Si se requiere vidrio laminar, estará formado por varias hojas unidas mediante una lámina plástica, siendo resistente a impactos.

7.1.1.11 Pavimentos

Las baldosas de terrazo tendrán dos capas: base de mortero y huella con árido de mármol claro. El espesor total será ≥ 3 cm, con al menos un 40% correspondiente a la capa vista. Deberán estar escuadradas, sin defectos, y con curado mínimo de dos meses. Los rodapiés serán del mismo tipo, biselados y de unos 80 mm de alto. Los suelos de gres se colocarán sobre cama de arena con mortero M-40, empleando baldosas de entre 15 y 20 mm de espesor.



7.1.1.12 Pinturas

Se utilizarán pinturas de buena calidad, con colores estables y secado inferior a 12 h. No se admitirán productos que necesiten mezclas adicionales antes de aplicar. Todas deberán ser aprobadas previamente por el Director de Obra. Las estructuras metálicas recibirán una imprimación antioxidante o minio.

Los colores se definirán según código RAL:

- Planta Baja: paredes RAL 1015, techos RAL 9010, estructura RAL 8011.
- Planta Sótano: paredes y techo RAL 7038, estructura RAL 8011, y pintura antipolvo en solera (color a definir por la Dirección Técnica).
- Puertas metálicas: Se aplicará imprimación antioxidante antes del pintado. El acabado interior será RAL 3000 en hojas de emergencia y RAL 8011 en hojas normales. El exterior será RAL 8011 en su totalidad, apropiado para fachadas de tonos beige claros.
- Ventanas: Los marcos metálicos se pintarán en RAL 8011, ajustado a la tonalidad de los acabados exteriores del edificio.
- Barandillas: El color será RAL 8011 para uniformidad con el resto de elementos metálicos.

7.1.1.13 Ventilación

La sala de control dispondrá de aire acondicionado, mediante dos unidades split con 3.000 frigorías cada una. El sistema operará en frío y calor, manteniendo la temperatura entre 22–28 °C en verano y 18–24 °C en invierno. La humedad relativa se mantendrá entre 30 y 65%. El nivel sonoro de los equipos no superará los límites establecidos por normativa laboral. La ventilación de la sala de Media Tensión será natural, mediante rejillas en fachadas opuestas para favorecer la circulación cruzada. Se podrán añadir ventiladores si se requiere una renovación forzada del aire.

7.1.1.14 Lámina impermeable para cubiertas

Se empleará una lámina de PVC reforzada de mínimo 1,2 mm de espesor, colocada en hojas grandes para reducir soldaduras. Estas se ejecutarán según las instrucciones del fabricante, y zonas críticas como bajantes o canalones no se cubrirán sin la aprobación previa de la Dirección de Obra. La lámina presentará elevada resistencia al calor, frío, productos químicos, punzonamiento, tracción, fuego y envejecimiento. Cumplirá la norma UNE 13956 y se protegerá con 5 cm de grava sobre geotextil de 100 g/m². Durante la colocación será obligatorio el uso de calzado adecuado para evitar daños.

7.1.1.15 Canales de cables prefabricados

Serán de hormigón armado prefabricado, salvo en zonas singulares que se ejecutarán “in situ” una vez instalados los tramos principales. Se fabricarán con moldes metálicos resistentes a vibraciones y cargas.

Los elementos se colocarán sobre una base nivelada, sin impedir el drenaje. No se permitirá su almacenamiento en obra: la descarga implicará su colocación directa mediante brazo mecánico. La superficie será lisa y libre de coqueas. Se admite el uso de cemento de alta resistencia inicial para acelerar el desmoldeo.



7.1.1.16 Tuberías de PEHD

Fabricadas mediante polimerización de etileno con bajo grado de ramificación, lo que aporta alta densidad, resistencia térmica y química, baja reactividad, buena opacidad y flexibilidad. Los tubos tendrán características controladas (densidad, módulo elástico, resistencia, elongación, etc.) y deberán estar libres de defectos como burbujas o grietas. Se fabricarán con medios adecuados, no se permitirán piezas unidas por soldadura o adhesivos. Las marcas y datos del fabricante deberán figurar de forma visible. Las uniones deberán justificar su resistencia mediante ensayos en laboratorio autorizado.

7.1.1.17 Tuberías de PVC

Las tuberías estarán fabricadas con PVC sin plastificantes, con al menos un 96% de pureza. Deberán presentar buena resistencia mecánica, térmica y química, conforme a las normas UNE aplicables. Los tubos serán opacos, libres de imperfecciones, y su fabricación se realizará en instalaciones específicas con control de calidad por muestreo. No se admitirán uniones realizadas por soldadura o adhesivos. Las marcas exigidas por normativa deberán figurar de forma visible, y las juntas deberán tener igual resistencia que el tubo, justificada con ensayos oficiales.

7.1.1.18 Equipos y materiales eléctricos

Todo el material eléctrico deberá ser de primera calidad y contar con aprobación previa de la Dirección de Obra. Las luminarias con lámparas de descarga incluirán equipos con alto factor de potencia.

Los mecanismos eléctricos serán basculantes y cerrados, con base de melanina o similar. En exteriores o zonas húmedas, las cajas serán herméticas. Los conductores serán de cobre con doble aislamiento y los tubos de PVC, rígidos y reforzados. Las cajas de conexión serán de PVC, con conos o racores y bornas de tornillo para facilitar el conexionado de los cables.

7.1.1.19 Otros materiales

Cualquier material no especificado expresamente en el pliego deberá ser de alta calidad. Su uso quedará condicionado a la aprobación previa de la Dirección de Obra, que podrá rechazarlo si no cumple con los requisitos técnicos del proyecto.

reuniesen, a su juicio, las condiciones exigibles para conseguir debidamente el objeto que motiva su empleo.

7.2 CONDICIONES QUE DEBEN CUMPLIRSE EN LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

7.2.1 Replanteo

El replanteo se realizará marcando referencias visibles y duraderas sobre el terreno, que garanticen la correcta localización de todos los elementos durante la obra. Se verificará que las alturas previstas, especialmente en aleros y cubiertas, cumplen con las distancias de seguridad. Cualquier modificación será comunicada y validada por la Dirección de Obra.

7.2.2 Desbroces y limpieza del terreno

Se eliminará toda la vegetación, residuos y materiales inadecuados de la zona a intervenir. El



desbroce se hará con cuidado para no dañar construcciones próximas.

Los materiales se retirarán con maquinaria y se transportarán a vertedero autorizado. Durante la excavación se inspeccionará el terreno para confirmar la retirada completa de la capa vegetal (materia orgánica < 10%). Los tocones se extraerán hasta al menos 1 metro por debajo del nivel final, o 1,5 metros si el relleno posterior es mayor. Los huecos se rellenarán y compactarán con material similar al existente. Excavaciones a cielo abierto

7.2.3 Excavación de la explanación y préstamos

La ejecución se realizará de acuerdo con lo prescrito en el Art. 320 “Excavación de la explanación y préstamos” del P.P.T.G. del Ministerio de Fomento.

7.2.4 Rellenos en explanación general

Los materiales de relleno procederán, preferentemente, de las propias excavaciones, aunque podrán utilizarse préstamos si así lo decide la Dirección de Obra. En zonas con presencia de agua, se garantizará su drenaje antes del inicio. Los rellenos se realizarán en tongadas de ≤ 20 cm de espesor, con humedad homogénea. Si el material está demasiado húmedo, se desecará por medios adecuados. Los trasdoses de muros de hormigón solo se rellenarán pasados 21 días desde su ejecución. La ejecución seguirá lo dispuesto en el artículo 330 “Terraplenes” del PG-3.

7.2.5 Escarificación y compactación

Cada tongada deberá alcanzar, como mínimo, el mismo grado de compactación que el terreno o material adyacente.

La densidad alcanzada no será inferior a la obtenida en el ensayo Proctor normal (UNE 103500:1994).

Al usar rodillos vibrantes, se darán pasadas sin vibración al final para regularizar la superficie. No se compactará bajo lluvia ni con heladas, y se evitarán rodaduras repetidas sobre los mismos puntos para no dañar la superficie. Capas granulares

La ejecución de las obras, tolerancia de la superficie y limitaciones de la ejecución de esta unidad de obra, se realizarán de acuerdo con lo especificado en el Art.510 “Zahorras” del P.P.T.G.

La excavación de zanjas y cimientos, se ajustará a lo prescrito en el Art. 321 “Excavación en zanjas y pozos”, del P.P.T.G.

7.2.6 Fabricación del hormigón

Se preparará preferentemente con hormigonera. Podrá realizarse en obra o transportarse desde central, siempre que el vertido se realice antes del 50% del tiempo de inicio de fraguado.

Está prohibido añadir agua tras la fabricación.

El vibrado será obligatorio y se hará con equipos adecuados, aprobados por la Dirección de Obra. Se tomarán probetas para control de resistencia, que deberá ser como mínimo la indicada en planos a 28 días.



7.2.7 Encofrados

Deben garantizar estanqueidad y rigidez, evitando deformaciones o pérdidas de mortero. No se permitirá el uso de aluminio en contacto con el hormigón. Antes del vertido, se limpiarán y humedecerán, y se revisará la posición de armaduras. El desencofrado se hará como mínimo a los 3 días (elementos generales) o 7 días (soportes), con aprobación de la Dirección de Obra.

Las tolerancias admisibles estarán en función del espesor de cada elemento (2 a 10 mm). El orden de montaje dependerá del tipo de estructura: muro, pilar o viga.

7.2.8 Fábricas de hormigón en masa

Las superficies donde se verterá el hormigón deberán estar limpias y ligeramente humedecidas, sin agua libre. Tras una interrupción, se limpiarán las juntas y se procederá según el artículo 71 de la EHE.

7.2.9 Fábricas de hormigón armado

El hormigón armado combinará el hormigón con acero corrugado para resistir tracción. Las armaduras deberán estar limpias, sin grasa ni pintura, y bien posicionadas mediante separadores específicos.

Se aceptará la soldadura sólo si se realiza en taller autorizado y con personal cualificado. El doblado de armaduras se realizará en frío, siguiendo radios mínimos según el diámetro y tipo de acero.

Los encofrados deberán tener la forma y rigidez adecuadas, evitando deformaciones. Las uniones se ejecutarán según las instrucciones del Director de Obra.

7.2.10 Hormigonado

El hormigón debe adaptarse a cada elemento estructural según lo indicado en proyecto. La compactación se hará según su consistencia, evitando siempre la segregación. En clima frío no se hormigonará por debajo de 5 °C ni sobre superficies heladas; en clima cálido, se protegerá del sol y se suspenderá si se superan los 40 °C. El curado se realizará durante al menos 3 días mediante riegos o medios que mantengan la humedad, garantizando una humedad relativa $\geq 80\%$.

7.2.11 Cunetas

Las cunetas se ejecutarán conforme a los planos del proyecto, aplicando los criterios del artículo correspondiente a excavación y relleno de zanjas y cimientos.

7.2.12 Estructuras metálicas

Antes del montaje se comprobarán replanteo, niveles y compatibilidad con los anclajes. Los materiales deberán estar certificados y correctamente identificados. Las piezas se manipularán sin dañarlas y se almacenarán fuera del contacto con el suelo. Los cortes, perforaciones y soldaduras se realizarán según normativa específica y por personal cualificado. Las uniones atornilladas y soldadas cumplirán con los requisitos del proyecto.



El tratamiento superficial será mediante galvanizado en caliente según UNE-EN ISO 1461. El montaje se hará con medios mecánicos adecuados, garantizando la alineación y protección de los elementos.

7.2.13 Fábricas de ladrillo

Los ladrillos se humedecerán previamente para evitar el deslavado del mortero. La colocación se hará en hiladas horizontales, evitando que las juntas coincidan en vertical. El mortero tendrá una dosificación de 250 kg de cemento por m³ de arena. En zonas a revestir, las juntas quedarán abiertas para mejorar la adherencia del enlucido. Se demolerá cualquier fábrica mal ejecutada o con ladrillos sin regar adecuadamente.

7.2.14 Forjados

Los elementos prefabricados deberán cumplir con las dimensiones del proyecto y proceder de fabricantes autorizados. Se rechazará cualquier pieza con deformaciones, fisuras, armaduras expuestas, coqueras o rebabas. Las tolerancias admitidas son de ± 5 mm en sección transversal y ± 2 cm en longitud.

7.2.15 Guarnecidos

Se utilizará yeso vivo recién amasado, sin añadir agua posteriormente. Las superficies a revestir deberán limpiarse y humedecerse antes de aplicar. No se guarnecerá por debajo de 5 °C. Se colocarán maestras y guardavivos para asegurar la planitud del acabado, y la aplicación se realizará entre maestras para obtener una superficie continua, lisa y vertical.

7.2.16 Enlucidos y enfoscados

Los enlucidos tendrán un espesor mínimo de 1,5 mm y los enfoscados, al menos 20 mm. Se ejecutarán sobre superficies previamente humedecidas, usando mortero dosificado con 250 kg/m³ en interiores y 300 kg/m³ en exteriores. Se mantendrán húmedos tras su aplicación y se rehacerán aquellos que presenten grietas o mala adherencia.

7.2.17 Carpintería de madera

Las piezas se ajustarán a planos, con anclajes resistentes y protegidos frente a la oxidación. Los cercos llegarán montados y reforzados desde taller. Las hojas se instalarán aplomadas, fijadas con cuñas y tornillos. Los encuentros de tapajuntas se realizarán a inglete, bien acabados.

7.2.18 Cerrajería

Los elementos se fabricarán con perfiles definidos en proyecto. Las uniones serán a inglete o escuadra, y los cercos se fijarán a precercos metálicos empotrados en la fábrica.

7.2.19 Vidriería

Los cristales se ajustarán con precisión a los huecos. La fijación se realizará con silicona aplicada con pistola, garantizando el sellado completo sin rebabas visibles.

7.2.20 Pavimentos

Los suelos se colocarán sobre base regularizada y limpia. Las baldosas (terrazo o gres) deberán estar curadas, sin defectos y se colocarán alineadas. El pulido será posterior al solado y los rodapiés tendrán continuidad estética con el pavimento.



7.2.21 Sistemas de puesta a tierra

Las uniones se ejecutarán principalmente mediante soldadura aluminotérmica o, en el caso de pletinas, también oxiacetilénica. No se aceptarán soldaduras con defectos visibles (coqueras, fisuras, etc.). Los moldes utilizados deberán estar secos y en buen estado, no superando el 80 % de su vida útil. Antes de soldar, los conductores se limpiarán mecánicamente y se desengrasarán si es necesario. Si están húmedos, se secarán con alcohol o soplete. Las derivaciones en T, en ángulo o cruz incluirán todos los trabajos previos: preparación, limpieza, precalentado del molde y uso del material adecuado para cada tipo de unión.

7.2.22 Alumbrado y fuerza en edificios

La instalación eléctrica se ejecutará conforme a las especificaciones técnicas proporcionadas por los fabricantes de los equipos suministrados, así como a lo establecido en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus instrucciones complementarias en vigor.

7.2.23 Limpieza de obras

El contratista será responsable de retirar escombros, materiales sobrantes e instalaciones provisionales innecesarias, dejando la zona de obra limpia y en condiciones adecuadas de presentación

7.3 PRUEBAS Y ENSAYOS

Las comprobaciones sobre los materiales empleados se llevarán a cabo bajo la supervisión del Director de Obra o, si este lo considera oportuno, mediante un laboratorio acreditado.

La Propiedad se reserva el derecho a inspeccionar los trabajos durante su ejecución.

La realización de inspecciones o la aceptación provisional de partes de la obra no exime al contratista de su obligación de cumplir con las condiciones establecidas en el contrato.

7.4 NORMATIVA APLICABLE

De acuerdo con el Real Decreto 1627/1997 y la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, el proyecto incluirá el Estudio de Seguridad y Salud necesario para su ejecución.

Las instalaciones eléctricas deberán ajustarse a las Normas UNE, a las recomendaciones de la CEI y al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

El Contratista seguirá en todo momento las instrucciones del Director de Obra relativas a la ejecución y dimensiones de los trabajos.

7.6 INFORMACIÓN A ENTREGAR POR EL SUMINISTRADOR

Finalizadas las obras, y si así se indica en el alcance, el Director de Obra entregará los planos actualizados con las modificaciones introducidas durante la ejecución, constituyendo los planos de obra ejecutada.



7.7 REGISTROS DE CALIDAD

Los trabajos quedarán sometidos al control de calidad según lo establecido por e-distribución en sus Condiciones de Inspección, definidas por *e-distribución*.

7.8 GARANTÍAS

El Contratista responderá de la calidad de los trabajos y suministros ejecutados, garantizándolos durante el periodo especificado en el contrato a partir de la fecha de puesta en servicio.

8. MONTAJE ELECTROMECAÁNICO

8.1 DESCRIPCIÓN DEL SUMNISTRO

Este apartado abarca los trabajos relacionados con el suministro, transporte, carga, descarga, desmontaje, montaje, instalación y pruebas de los materiales y equipos definidos en proyecto. El contratista proporcionará todos los recursos no suministrados por e-distribución, asumiendo además la mano de obra, maquinaria y medios auxiliares necesarios.

Alcance del montaje:

- Para materiales propios: transporte, descarga, instalación y pruebas.
- Para materiales de e-distribución: descarga, verificación, instalación y pruebas.

Trabajos incluidos:

- Implantación de obra.
- Montaje de estructuras metálicas, embarrados, puesta a tierra.
- Cuadros de control, alumbrado, grupo electrógeno, transformadores.
- Sistemas de comunicaciones, detección de incendios y antiintrusión.
- Desmontaje con clasificación y almacenamiento de equipos reutilizables.
- Garantía de los medios necesarios para asegurar el correcto funcionamiento

8.2 DESCRIPCIÓN DEL SUMNISTRO

8.2.1 Generalidades

- Los trabajos se ejecutarán siguiendo planos, recomendaciones del fabricante y esta especificación.
- El contratista revisará las condiciones previas y comunicará anomalías a la Dirección de Obra.
- Se presentará documentación técnica de materiales para su aprobación antes de su adquisición.
- No se admitirán ajustes por medios inadecuados ni elementos defectuosos.

8.2.2 Implantación de obra

El Contratista instalará su taller y almacén en la zona designada por la Dirección de Obra. Además, deberá proporcionar una caseta completamente equipada que servirá como oficina para el equipo de Dirección de Obra. También será responsable de instalar y mantener en funcionamiento toda la red eléctrica provisional, tanto de fuerza como de alumbrado, incluyendo los equipos necesarios para garantizar el desarrollo de los trabajos hasta la conclusión de la obra, conforme a la documentación



técnica disponible.

Estructura metálica:

- Se controlará alineación, nivelación y verticalidad.
- Presencia obligatoria de topógrafo durante montaje.

Aparellaje y equipos:

- Nivelación sobre plano común. Ajustes con suplementos adecuados.
- Verificación funcional por e-distribución tras cada fase.

Embarrados:

- Material: aluminio-acero o aleación 6063.T6.
- Curvado mediante maquinaria homologada.
- Empalmes y soldaduras TIG o MIG con inspección.

Puesta a tierra:

- Conexiones con soldadura aluminotérmica u oxiacetilénica.
- Limpieza y preparación rigurosa de los conductores.
- Conexión a todas las masas metálicas y pantallas de cables.

Tendido y conexionado de cables:

- Protección de extremos, uso de lubricantes adecuados.
- Identificación de cables con etiquetas normalizadas.
- Prohibición de empalmes; tendido en una sola pieza.
- Sellado de pasos entre edificios y muros.

Contraincendios:

- Compartimentación RF-120 en salas técnicas y entre transformadores.
- Detección y alarma automática en todo el edificio.
- Extintores adecuados según zona.

Antiintrusión:

- Vallado completo con accesos controlados y resistentes.
- Puertas de seguridad con nivel 4 según UNE-EN 1627:2011.
- Sistema de detección volumétrica, contactos magnéticos y CRA.
- Control de accesos con llaves maestras.

Residuos:

- Depósito recolector estanco con capacidad 1,3 veces el volumen del transformador.
- Vaciado mediante bomba manual.

Luminarias:

- Alumbrado exterior conforme al RD 1890/2008.
- Proyector IP-65, 250 W vapor de sodio, con rendimiento >55%.
- Distribución en dos grupos independientes (5 y 20 lux).
- Encendido automático con célula fotoeléctrica y manual para trabajos nocturnos.

8.2.3 PRUEBAS Y ENSAYOS

Los ensayos, análisis y pruebas que deban realizarse para comprobar si los materiales que han l Director de Obra, o un laboratorio designado por él, verificará que los materiales empleados cumplen las condiciones exigidas. Finalizado el montaje de los equipos, se realizarán las pruebas



necesarias para confirmar su correcta ejecución conforme a Normas y Reglamentos.

Los ensayos serán presenciados por representantes de e-distribución y del Contratista, salvo renuncia expresa. El Contratista deberá comunicar previamente la realización de dichas pruebas y entregar dos copias certificadas de los resultados a e-distribución.

Se contemplan, entre otras, las siguientes verificaciones:

- Revisión general de la instalación: disposición, nivelación, verticalidad, conexionado, apriete de tornillería y conexiones de cuadros.
- Pruebas de funcionamiento mecánico (modo manual).
- Comprobación del correcto orden de fases.
- Ensayos para detectar cortocircuitos, derivaciones a tierra o errores de conexionado.
- Comprobaciones necesarias para validar la garantía de los fabricantes.

9. PUESTA EN MARCHA Y SERVICIO

El Adjudicatario será responsable de ejecutar las pruebas y la puesta en marcha de los equipos e instalaciones conforme al Reglamento de Instalaciones de Alta Tensión y, si corresponde a instalaciones propiedad de e-distribución o a ceder a la misma, siguiendo sus especificaciones particulares aprobadas por la Administración.

La puesta en marcha de los sistemas de Protecciones, Telecontrol y Comunicaciones deberá realizarse en colaboración con empresas especializadas.

Antes de la puesta en servicio, el Adjudicatario cumplimentará los Protocolos de Recepción correspondientes para equipos e instalaciones.

La puesta en servicio se llevará a cabo bajo la dirección del Gestor, siendo el Adjudicatario quien solicite formalmente la autorización de puesta en marcha ante el Organismo Competente (Industria).

9.1 SECUENCIA A SEGUIR ANTES DE LA PUESTA EN MARCHA

A continuación, se detallan, de forma no exhaustiva, las principales verificaciones a realizar antes de la energización de la instalación:

9.1.1 Verificaciones previas a la energización en A.T.

- Comprobación de tensado y flechas de conexiones.
- Revisión del conexionado de la aparamenta.
- Verificación de tensiones nominales y características de los equipos.
- Muestreo del par de apriete en conexiones, estructura y equipos.
- Ajustes de seccionadores:
 - Enclavamientos eléctricos y mecánicos.
 - Verificación de mandos locales.
 - Resistencia de contacto y aislamiento.
 - Velocidad de operación.
- Ajustes de interruptores:
 - Enclavamientos, mandos locales y sincronismo entre fases.
 - Medida de resistencias, aislamiento y tiempos de actuación.



9.1.2 Verificaciones circuitos de control y protección

- Verificación del conexionado conforme a esquemas.
- Ensayos de aislamiento.
- Comprobación de separación entre polaridades y respecto a tierra.
- Revisión de valores nominales de tensión y características de equipos.
- Identificación de circuitos según normativa e-distribución.
- Inspección de bornas, etiquetado de cables y puesta a tierra de pantallas.
- Comprobación de relación y polaridad en transformadores de medida.

9.2 SECUENCIA A SEGUIR PARA LA P.E.M. CIRCUITO CONTROL Y PROTECCIÓN

Generales:

- Verificación de servicios auxiliares (CA y CC).
- Comprobación de independencia entre circuitos de baterías.
- Pruebas locales del Sistema Integrado de Control y Protección (SICP).

Para cada Posición:

- Pruebas de maniobra desde celda, terminal local y Centro de Control.
- Verificación de enclavamientos.
- Inyección de señales en circuitos de intensidad y tensión.
- Comprobación de medidas, protecciones y convertidores.
- Ajuste de protecciones según protocolos.
- Verificación de protecciones diferenciales por unión de barras.

Otras pruebas:

- Modificación de programación y pruebas SICOP.
- Comprobación de equipos de comunicaciones.
- Pruebas funcionales desde el Centro de Control.

10. INFORMACIÓN A ENTREGAR POR EL CONTRATISTA

10.1 DOCUMENTACIÓN AS-BUILT

Al finalizar la obra, el contratista entregará los documentos “as built” reflejando todas las modificaciones respecto al proyecto. Se entregarán:

4 copias impresas y 1 en CD con los planos actualizados (DIN A-4 y A-3).

Documentación encuadernada en archivadores tipo ELBA DIN A-4.

Registros de control de calidad y documentación de puesta en marcha.

Protocolos normalizados o equivalentes de puesta en marcha, debidamente cumplimentados.



10.2 REGISTROS DE CALIDAD

e-distribución podrá inspeccionar el montaje en cualquier fase. La validación o ausencia de rechazo no exime al contratista del cumplimiento íntegro de los requisitos contractuales. Se aplicará el programa de control de calidad establecido.

10.3 GARANTÍAS

El contratista garantiza los trabajos y suministros realizados frente a cualquier defecto o fallo durante el período indicado en las condiciones comerciales, contado desde la fecha de puesta en servicio..

VALENZUELA RUIZ CARMEN MARIA - 76739213N Firmado digitalmente por VALENZUELA RUIZ CARMEN MARIA - 76739213N
Fecha: 2025.06.15 05:24:44 +02'00'



PLANOS



(Esta hoja se ha dejado en blanco intencionadamente)



INDICE

- 01 Situación
- 02 Emplazamiento
- 03 Distribución parcelas
- 04 Esquema unifilar subestación
- 05 Planta SET
- 06 Perfil
- 07 Sección longitudinal
- 08 Edificio MT
- 09 Aparamenta MT
- 10 Cimentaciones
- 11 Puesta a tierra SET
- 12 Esquema unifilar anillo 1
- 13 Esquema unifilar anillo 2
- 14 Anillo distribución
- 15 Canalización
- 16_Centro de transformación
- 17 Puesta a tierra CT



(Esta hoja se ha dejado en blanco intencionadamente)

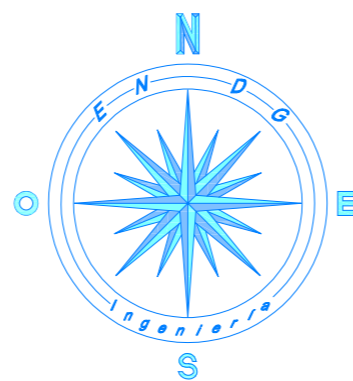


LOCALIZACIÓN
PROYECTO

PAÍS: ESPAÑA
MUNICIPIO: PELIGROS
PROVINCIA: GRANADA
C.C.AA.: ANDALUCÍA
ZONA UTM: 30 NORTE (ETRS89)

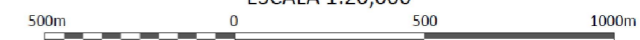
POLÍGONO INDUSTRIAL ASEGRA

Coordenadas U.T.M. Huso: 30 ETRS89
X:443800,Y:4122,200



Escala Gráfica:

ESCALA 1:20,000



Departamento de
Expresión Gráfica,
Diseño y Proyectos

DESIGNACIÓN PLANO:

SITUACIÓN

PROYECTO: *DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA INTEMPERIE 66/20 kV Y DISEÑO DE ANILLO DE M.T. PARA LA ALIMENTACIÓN DEL POLÍGONO INDUSTRIAL ASEGRA*

PETICIONARIO: *Escuela Ingenierías Industriales Málaga (EII)*

SITUACIÓN: *POBLACION: PELIGROS(GRANADA) C.P.: 18210
SITA: Polígono Industrial Asegra*

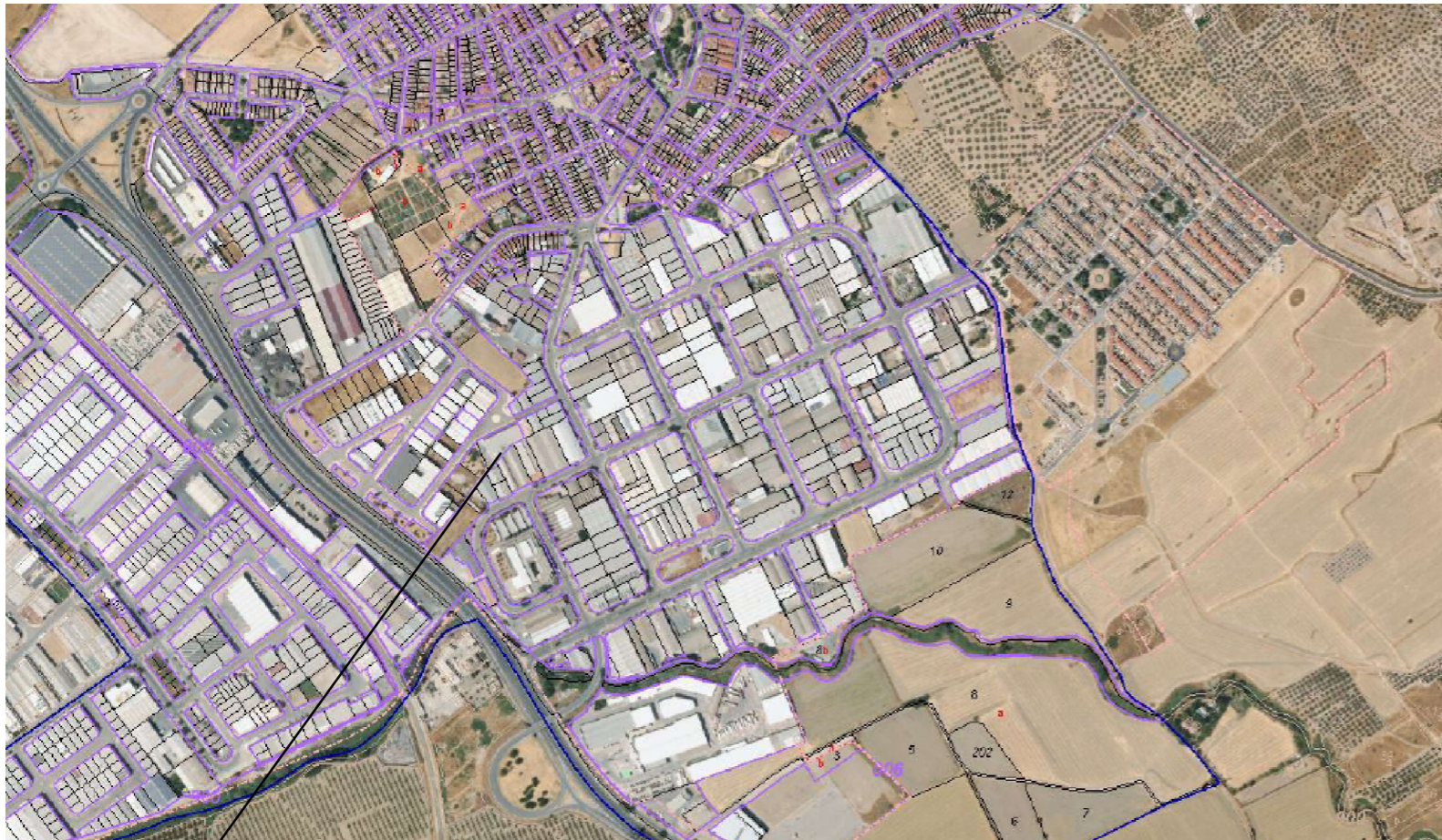
FECHA: *1-05-2025*

ESCALA: *1/20000*

FDO.: *GRADO: INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES*

Nº EXPEDIENTE: *SET/25*

Nº PLANO: *01*

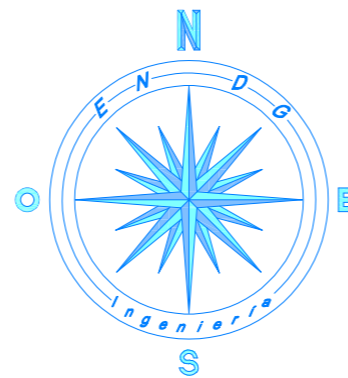


POLÍGONO INDUSTRIAL ASEGRA

Coordenadas U.T.M. Huso: 30 ETRS89
X:443800,Y:4122,200



Localización geográfica del proyecto mediante código QR



SUBESTACIÓN 66/20 kV ASEGRA



DESIGNACION PLANO:

EMPLAZAMIENTO

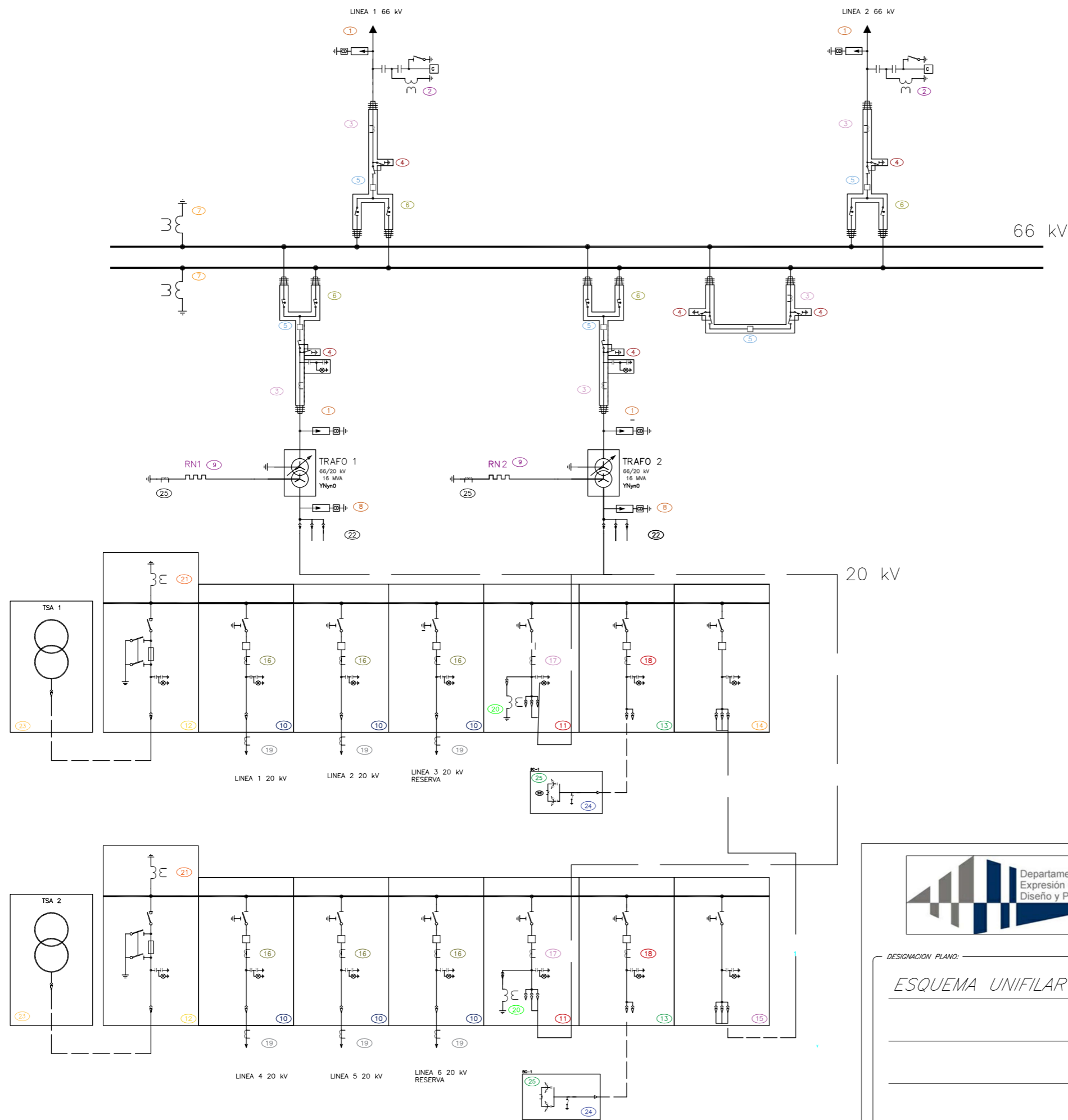
PROYECTO: DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA INTEMPERIE 66/20 kV Y DISEÑO DE ANILLO DE M.T. PARA LA ALIMENTACIÓN DEL POLÍGONO INDUSTRIAL ASEGRA

PETICIONARIO: Escuela Ingenierías Industriales Málaga (EII)

SITUACION: POBLACION: PELIGROS(GRANADA) C.P.: 18210
SITA: Polígono Industrial Asegra

FECHA: 1-05-2025 ESCALA: 1/1000

FDO.: GRADO: INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
Nº EXPEDIENTE: SET/25 Nº PLANO: 02



- LEYENDA 66 kV**
- ① 3xPARARRAYOS 66 kV 10kA CLASE 2
 - ② 3xT.T. CAPACITIVO $66\sqrt{3} / 0.1\sqrt{3} - 0.1\sqrt{3} .25$ VA CI. 0,5-3P,25 VA CI. 0,5-3P
 - ③ 3xT.L. 400-800/5-5-5A, 30VA CL. 5P20, 30VA CL. 5P20
 - ④ SECCIONADOR 72,5 kV con P.o.T
 - ⑤ INTERRUPTOR 72,5 kV 31.5 kA
 - ⑥ SECCIONADOR 72,5 kV
 - ⑦ 3xT.T. INDUCTIVO $66\sqrt{3} / 0.11\sqrt{3} - 0.11\sqrt{3} .25$ VA CI. 0,5-3P,25 VA CI. 0,5-3P
- LEYENDA MT kV**
- ⑧ 3xPARARRAYOS 24 kV 10kA CLASE 2
 - ⑨ RESISTENCIA PAT 12.7 OHM Idef=1000A
- CELDAS 24kV**
- ⑩ CELDA DE LINEA 24kV 630A 25kA
 - ⑪ CELDA DE TRAF0 24kV 1600A 25kA
 - ⑫ CELDA S.S.A.A. Y MEDIDA 24kV 200A 25kA
 - ⑬ CELDA B.B.C.C. 24kV 630A 25kA
 - ⑭ CELDA ACOPLAMIENTO CON INTERRUPTOR 24kV 630A 25kA
 - ⑮ CELDA ACOPLAMIENTO SIN INTERRUPTOR 24kV 630A 25kA
 - ⑯ 3xTI 300-600/1A, 2VA 5P30
 - ⑰ 3xTI 1000-2000/5-5-5A, 10VA CI. 0.5, 10VA 5P20, 10VA 5P20
 - ⑱ 3xTI 300-600/5A, 15VA 5P30
 - ⑲ 1xTI TOROIDAL 20/1A
 - ⑳ 3xTT $22.000\sqrt{3}/110\sqrt{3} - 110\sqrt{3}$, 15VA CI. 0.5-3P, 10VA CI. 6P
 - ㉑ 3xTT $22.000\sqrt{3}/110\sqrt{3} - 110\sqrt{3}$, 15VA CI. 0.5-3P, 10VA CI. 6P
 - ㉒ TI TOROIDAL 300/5 A, 10VA cl. 5P10
 - ㉓ TRAF0 S.S.A.A. 20/0.4kV 250KVA
- CELDAS BATERIA CONDENSADORES 20kV**
- ㉔ BATERIA DE CONDENSADORES
 - ㉕ 1xTI TOROIDAL 5/5A, 10VA CI.1



DESIGNACION PLANO: ESQUEMA UNIFILAR SET

PROYECTO: DISEÑO DE SUBESTACION ELÉCTRICA INTEMPERIE 66/20 kV Y DISEÑO DE ANILLO DE M.T. PARA LA ALIMENTACIÓN DEL POLÍGONO INDUSTRIAL ASEGRA

PETICIONARIO: Escuela Ingenierías Industriales Málaga (EII)

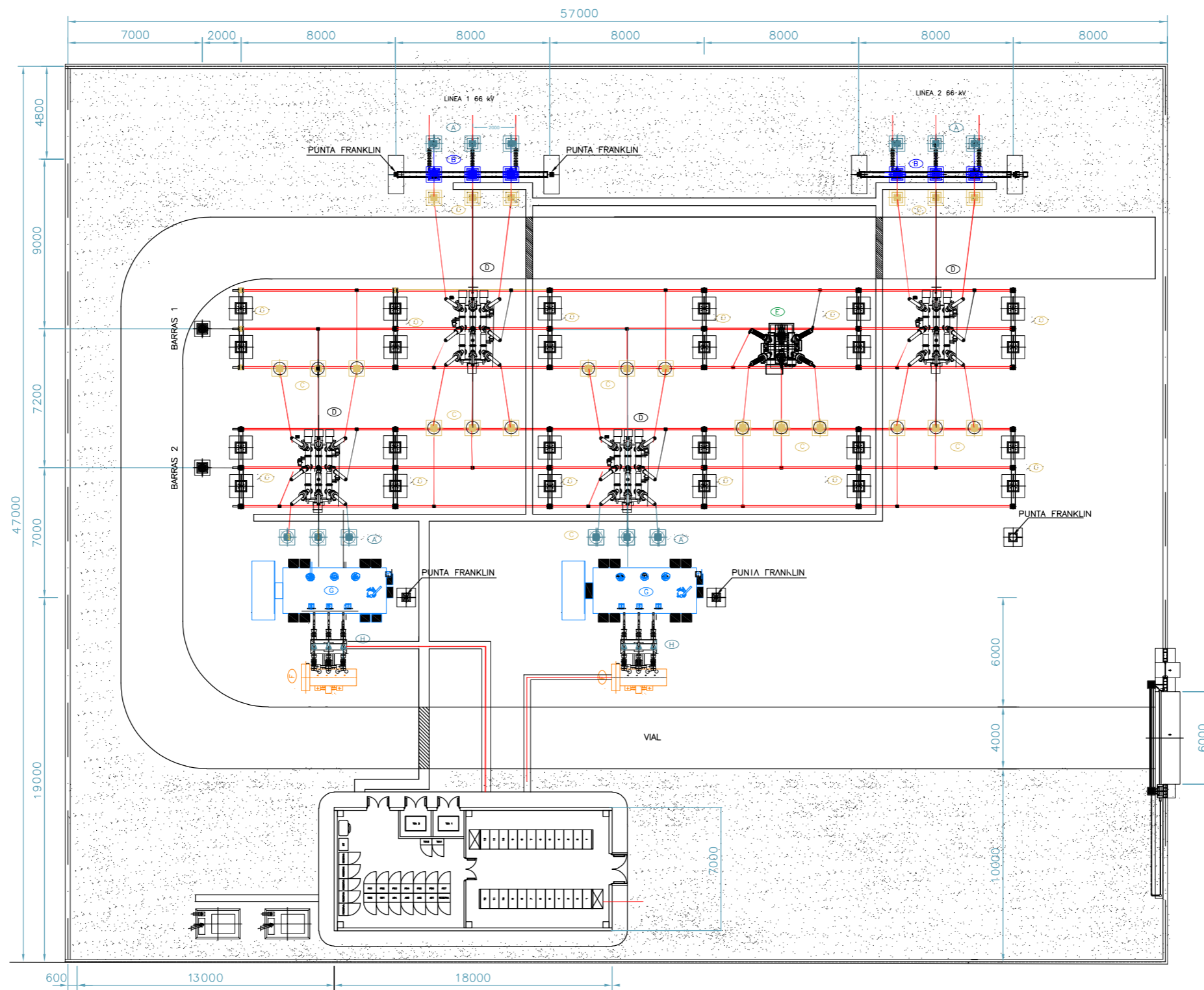
FIRMA: _____

SITUACION: POBLACION: PELIGROS(GRANADA) C.P.: 18210
SITA: Polígono Industrial Asegra

FECHA: 1-05-2025 ESCALA: S/E

Nº EXPEDIENTE: SET/25 Nº PLANO: 04

FDO.: GRADO: INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



*Cotas en mm

- LEYENDA 66 kV**
- (A) 3xPARARRAYOS 66 kV 10kA CLASE 2
 - (B) 3xT.T. INDUCTIVO 66 kV
 - (C) 3xAISLADOR TIPO SOPORTE
 - (D) MÓDULO HÍBRIDO Y1
 - (E) MÓDULO HÍBRIDO ACOPLE Y1
 - (F) RESISTENCIA PAT
 - (G) TRANSFORMADOR 16 MVA 66 kV
 - (H) 3xPARARRAYOS 20 kV 10kA CLASE 2



Departamento de
Expresión Gráfica,
Diseño y Proyectos

DESIGNACION PLANO: PLANTA SET

PROYECTO: DISÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA INTemperIE 66/20 kV Y DISÑO DE ANILLO DE M.T. PARA LA ALIMENTACIÓN DEL POLÍGONO INDUSTRIAL ASEGRA

PETICIONARIO: Escuela Ingenierías Industriales Málaga (EII)

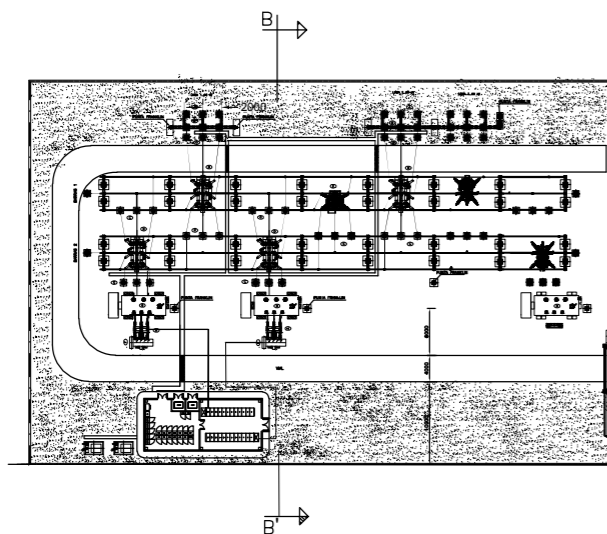
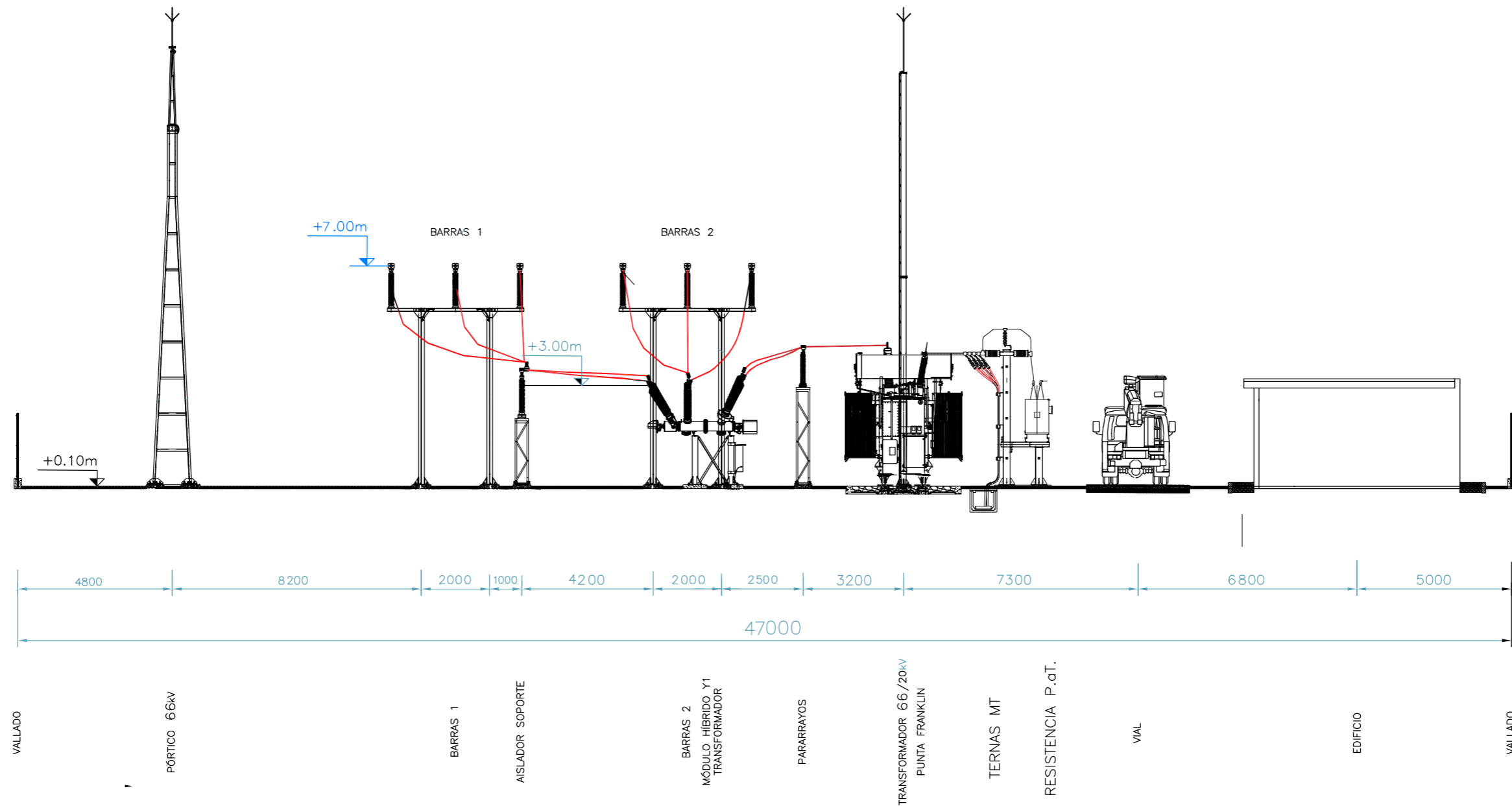
SITUACION: _____
POBLACION: PELIGROS(GRANADA) C.P.: 18210
SITA: Polígono Industrial Asegra

FECHA: 1-05-2025 ESCALA: 1/250

FDO.: _____
GRADO: INGENIERIA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

Nº EXPEDIENTE: SET/25 Nº PLANO: 05

SECCIÓN B-B'



NOTA:
Cotas en mm



DESIGNACION PLANO:

PERFIL SET

PROYECTO: DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA INTEMPERIE 66/20 kV Y DISEÑO DE ANILLO DE M.T. PARA LA ALIMENTACIÓN DEL POLIGONO INDUSTRIAL ASEGRA

PETICIONARIO: Escuela Ingenierías Industriales Málaga (EII)

FIRMA:

SITUACION: POBLACION: PELIGROS(GRANADA) C.P.: 18210
SITA: Poligono Industrial Asegra

FECHA: 1-05-2025

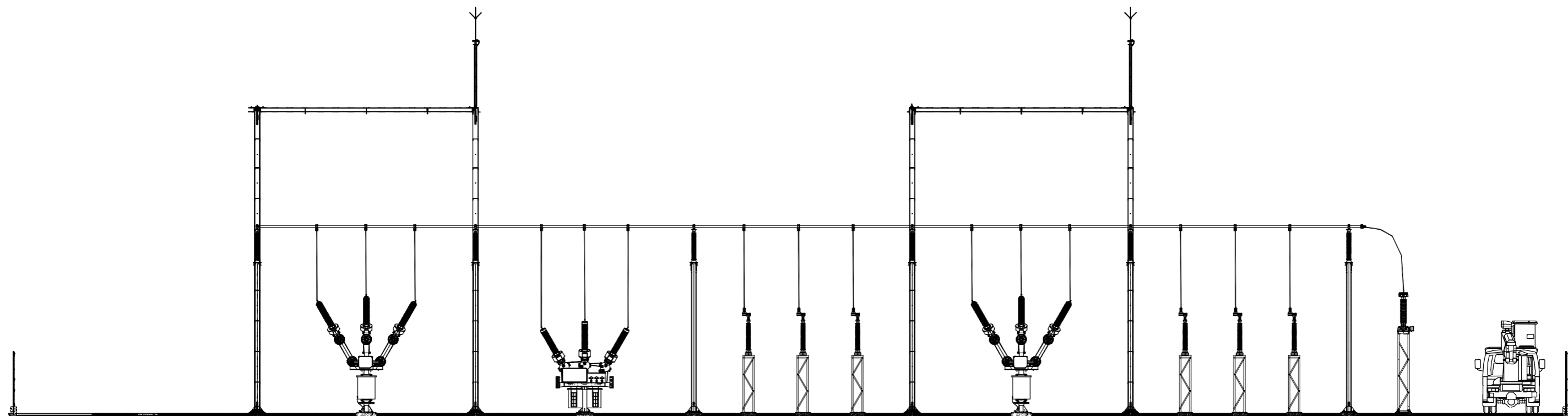
ESCALA: 1/150

FDO.: GRADO: INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES

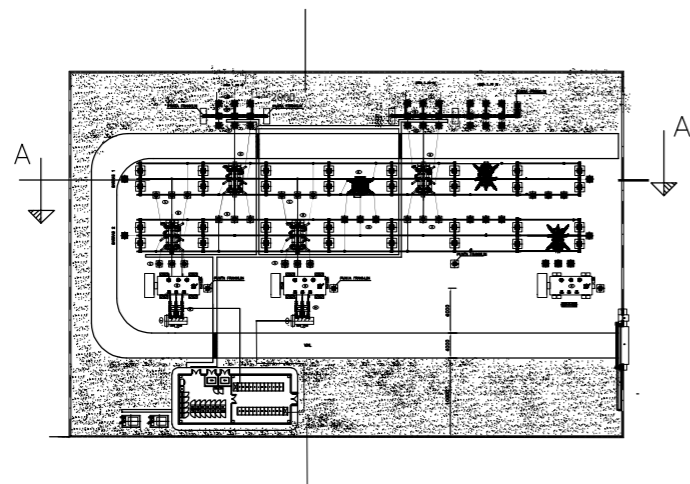
Nº EXPEDIENTE: SET/25

Nº PLANO: 06

SECCIÓN A-A'



VALLADO BARRAS 66kV PÓRTICO MÓDULO HÍBRIDO LÍNEA BARRAS 66kV PÓRTICO 66kV CON PUNTA FRANKLIN MÓDULO HÍBRIDO ACOPLO AISLADORES SOPORTE BARRAS 66kV PÓRTICO 66kV CON PUNTA FRANKLIN MÓDULO HÍBRIDO LÍNEA BARRAS 66kV PÓRTICO 66kV CON PUNTA FRANKLIN AISLADORES SOPORTE BARRAS 66kV T.T. INDUCTIVO BARRAS VIAL VALLADO



*Cotas en mm



PROYECTO: DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA INTemperIE 66/20 kV Y DISEÑO DE ANILLO DE M.T. PARA LA ALIMENTACIÓN DEL POLÍGONO INDUSTRIAL ASEGRA

PETICIONARIO: Escuela Ingenierías Industriales Málaga (EII)

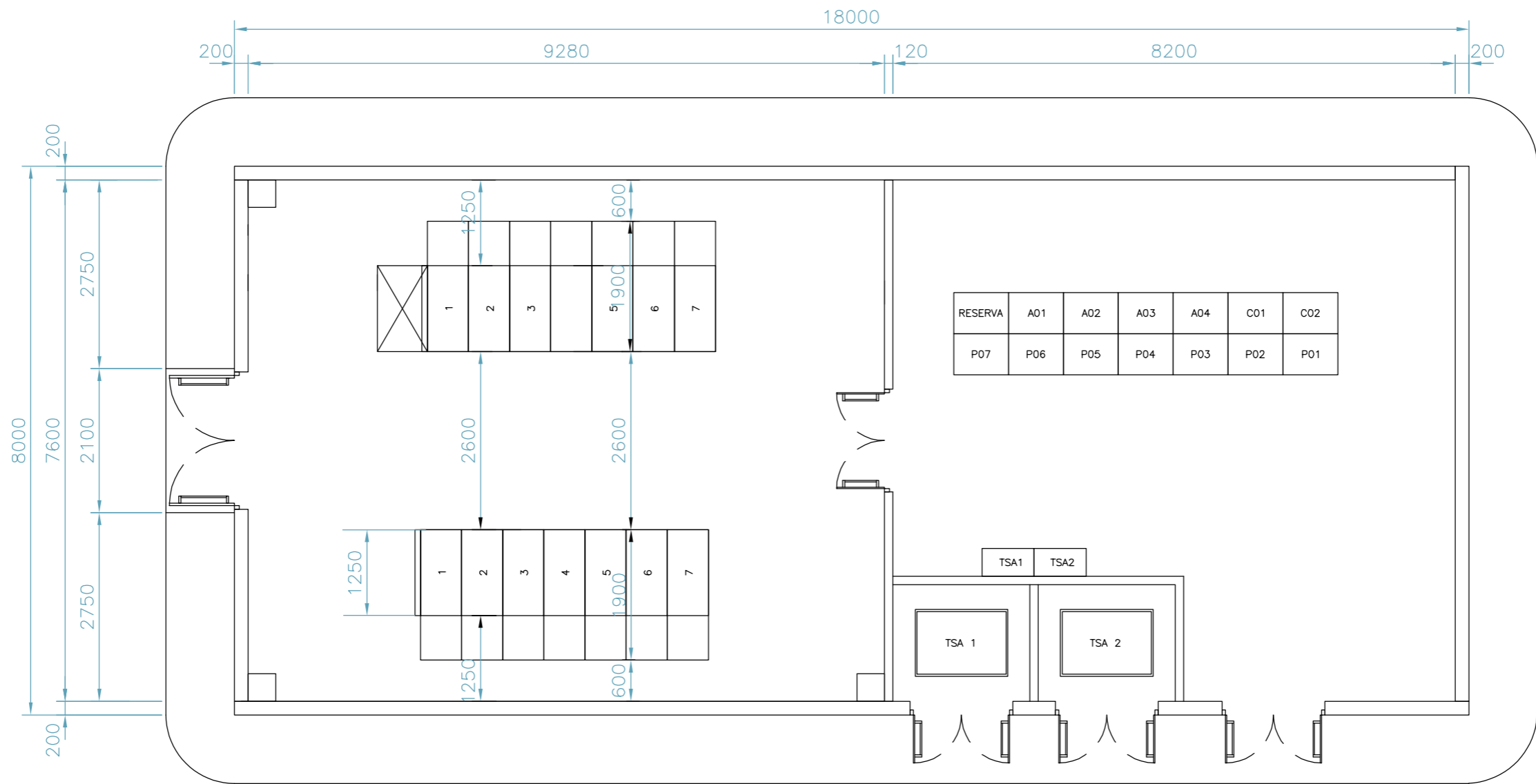
DESIGNACION PLANO: SECCIÓN LONGITUDINAL

FIRMA: FDO.: INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

SITUACION: POBLACION: PELIGROS(GRANADA) C.P.: 18210 SITA: Polígono Industrial Asegra

FECHA: 1-05-2025 ESCALA: 1/150

Nº EXPEDIENTE: SET/25 Nº PLANO: 07



LEYENDA:

TSA1: CUADRO TSA 1 NO TRANSPORTE
 TSA2: CUADRO TSA 2 NO TRANSPORTE

A01: RECTIFICADOR 1/BAT. 1 125 Vcc
 A02: RECTIFICADOR 1/BAT. 2 125 Vcc
 A03: CUADRO SS.AA. C.A (1)
 A04: CUADRO SS.AA. C.C.

P01: UCS AT/MT
 P02: BARRAS AT
 P03: LINEA 1 AT
 P04: LINEA 2 AT
 P05: TRAF0 1

C01: COMUNICACIONES 1
 C02: COMUNICACIONES 2

NOTA:
 Cotas en mm



PROYECTO: DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA INTEMPERIE 66/20 kV Y DISEÑO DE ANILLO DE M.T. PARA LA ALIMENTACIÓN DEL POLÍGONO INDUSTRIAL ASEGRA

PETICIONARIO: Escuela Ingenierías Industriales Málaga (EII)

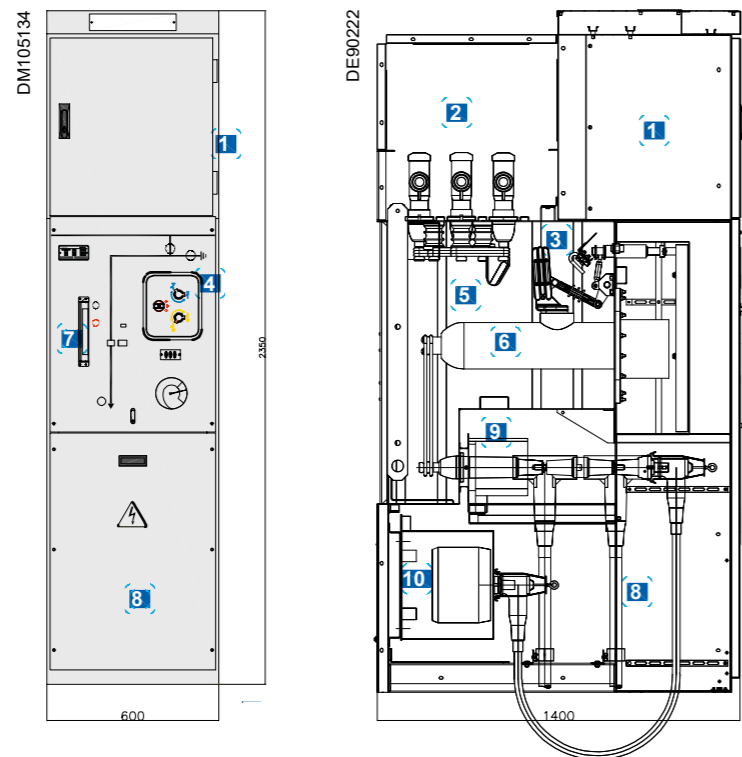
DESIGNACION PLANO: EDIFICIO 20 kV

FIRMA: FDO.: GRADO: INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

SITUACION: POBLACION: PELIGROS(GRANADA) C.P.: 18210 SITA: Polígono Industrial Asegra
 FECHA: 1-05-2025 ESCALA: 1/150
 N° EXPEDIENTE: SET/25 N° PLANO: 08

Protección de transformador / línea

CBGS-0 IEC



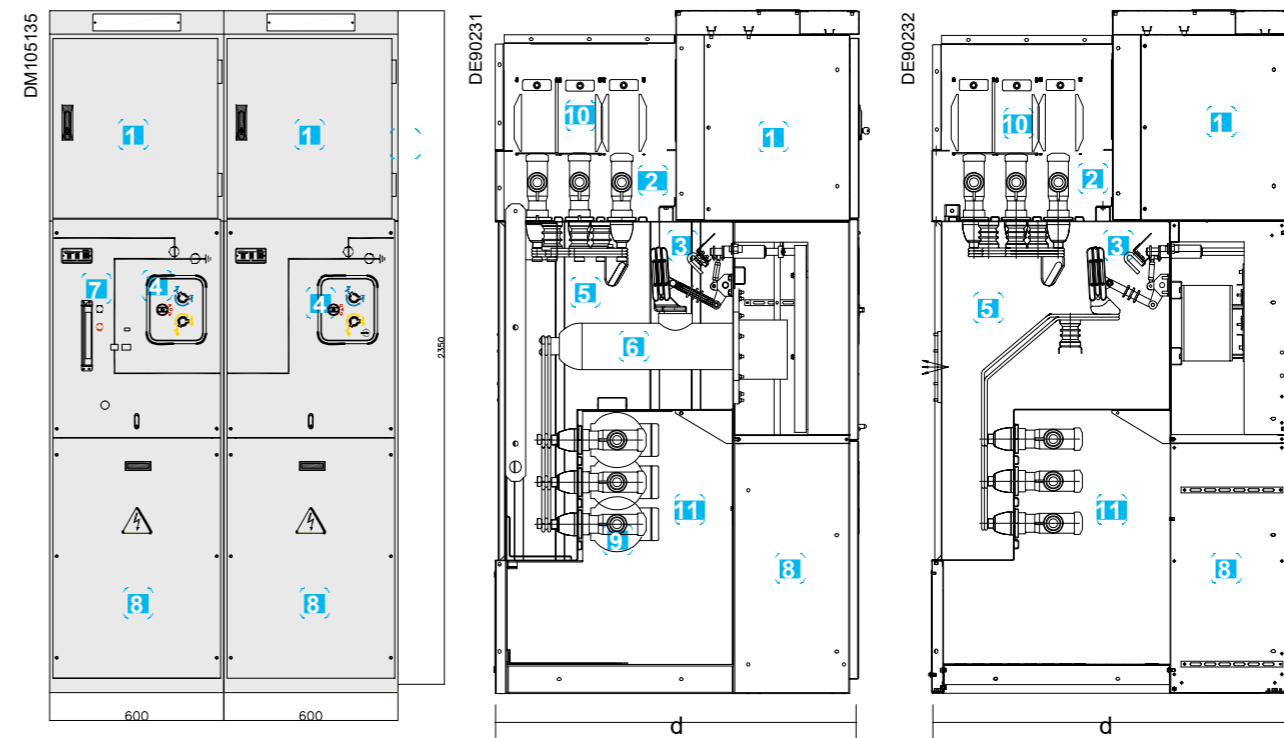
(An) Ancho	mm	600 ⁽²⁾
(Al) Altura	mm	2350 ⁽¹⁾
(P) Profundidad	mm	1400 (AFLR)

LEYENDA 20 kV CELDA CBGS-0

- ① Celda de Baja Tensión
- ② Embarrado principal
- ③ Seccionador de tres posiciones (Cerrado-Abierto-Listo para conectar a tierra)
- ④ Mecanismo operativo del seccionador
- ⑤ Cuba principal (acero inoxidable de 2,5 mm) llena con gas SF6, sellada de por vida
- ⑥ Interruptor automático
- ⑦ Mecanismo operativo del interruptor automático
- ⑧ Compartimento de los cables de potencia
- ⑨ Transformadores de Intensidad (opcionales)
- ⑩ Transformadores de Tensión (opcionales)

Acoplamiento – Remonte

CBGS-0 IEC



LEYENDA 20 kV CELDA CBGS-0

- ① Cajón de Baja Tensión
- ② Sistema general de barras colectoras
- ③ Seccionador de tres posiciones (Cerrado-Abierto-Puesto a tierra)
- ④ Mecanismo operativo del seccionador
- ⑤ Cuba principal (acero inoxidable de 2,5 mm) llena con gas SF6, sellada de por vida
- ⑥ Interruptor automático
- ⑦ Mecanismo operativo del interruptor automático
- ⑧ Compartimento de los cables de potencia
- ⑨ Transformadores de Intensidad (opcionales)
- ⑩ Transformadores de Tensión (opcionales)
- ⑪ Sistema de barras colectoras inferior



Departamento de
Expresión Gráfica,
Diseño y Proyectos

PROYECTO: DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA INTEMPERIE 66/20 kV Y DISEÑO DE ANILLO DE M.T. PARA LA ALIMENTACIÓN DEL POLIGONO INDUSTRIAL ASEGRA

PETICIONARIO: Escuela Ingenierías Industriales Málaga (EII)

DESIGNACION PLANO:

APARAMENTA MT

FIRMA:

SITUACION:

POBLACION: PELIGROS(GRANADA) C.P.: 18210

SITA: Poligono Industrial Asegra

FECHA:

1-05-2025

ESCALA:

1/30

Nº EXPEDIENTE:

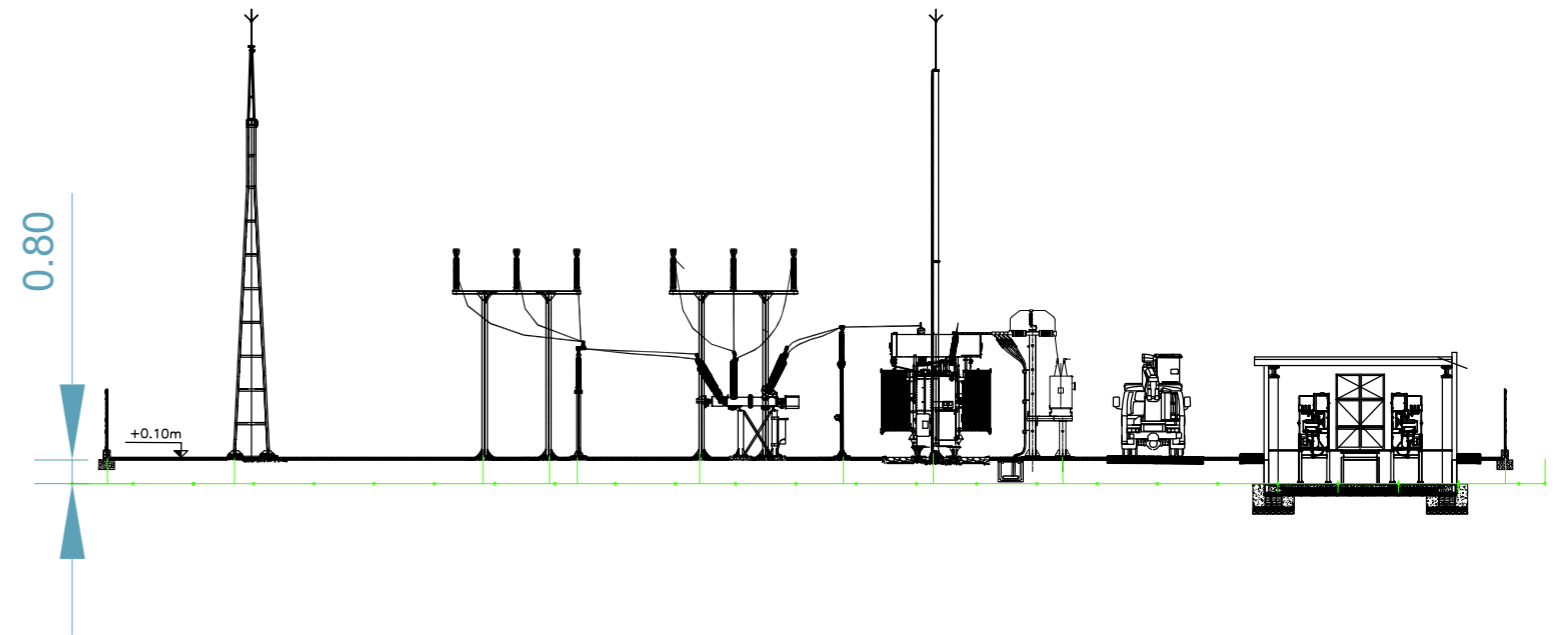
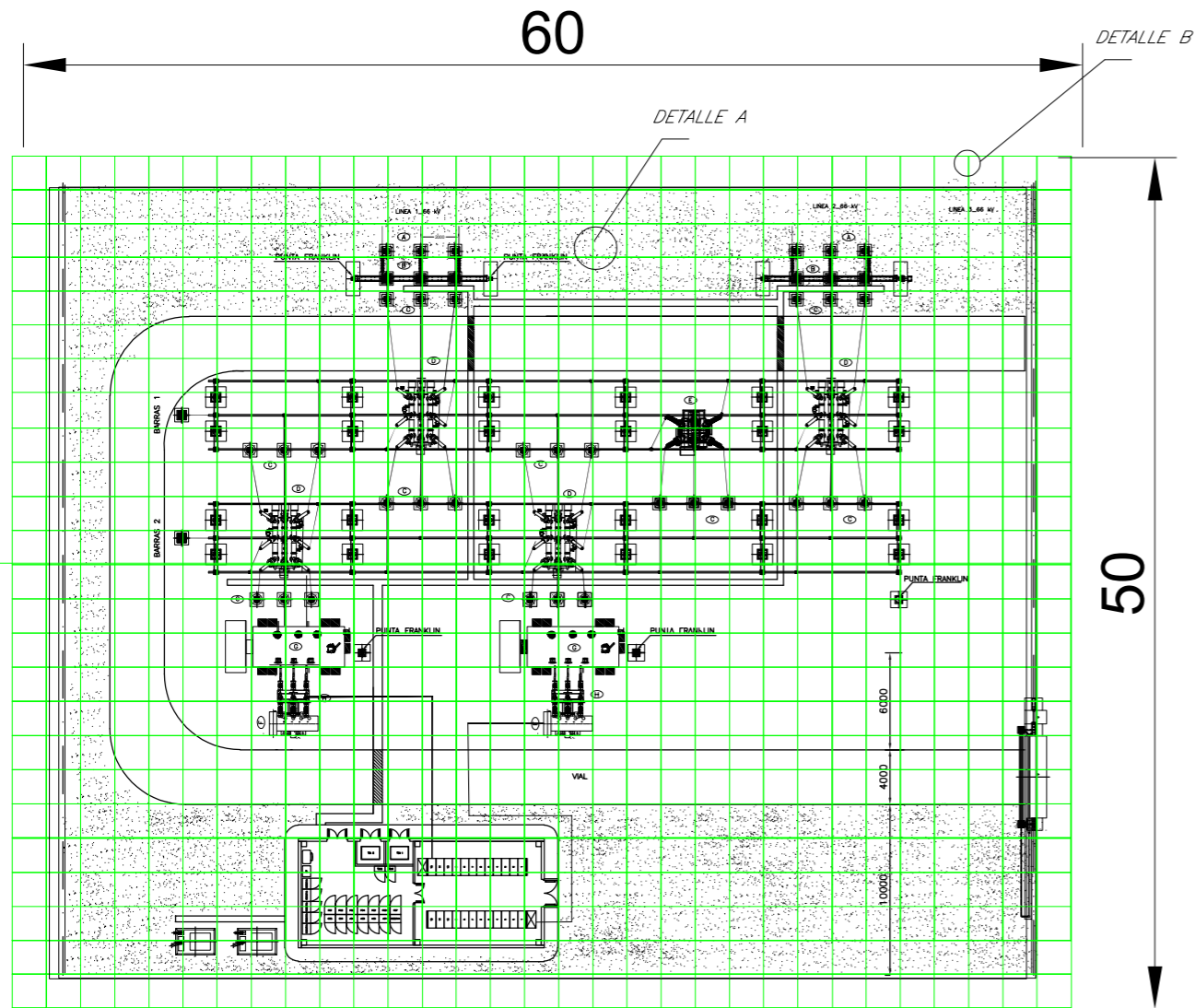
SET/25

Nº PLANO:

09

FDO.:

GRADO: INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES

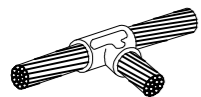


NOTAS:

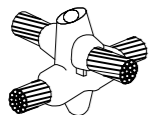
- LOS SIGUIENTES ELEMENTOS DEBERÁN SER CONECTADOS A LA MALLA DE TIERRAS :
- CERRAMIENTO APROXIMADAMENTE CADA 10 m.
 - PUERTA DE ENTRADA SUBESTACIÓN EN DOS PUNTOS
 - CERCOS METÁLICOS DE ARQUETAS (TANTO DE CABLES COMO DE DRENAJE) Y CANALES REFORZADOS (OBRA CIVIL)
 - RAILES DE VIALES DE RODADURA (OBRA CIVIL)
 - CIMENTACIONES DE EDIFICIOS Y CASETAS (OBRA CIVIL)
 - TODOS LOS ELEMENTOS METÁLICOS QUE SE EJECUTEN EN LA FASE DE MOVIMIENTO DE TIERRAS/OBRA CIVIL QUE REQUIERAN CONEXIÓN A TIERRA.

LA MALLA DE P. A T. DE LA SUBESTACIÓN SE CONECTARA AL CABLE DE GUARDA DE LAS LÍNEAS ENTRANTES A LA SUBESTACIÓN.

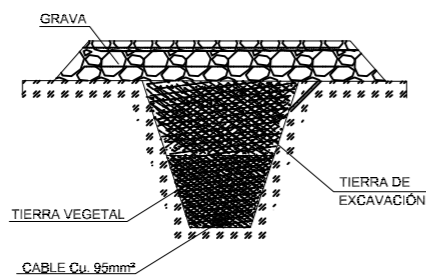
DETALLE A
CONEXIÓN DE 2 CONDUCTORES CRUZADOS EN T
MEDIANTE SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA



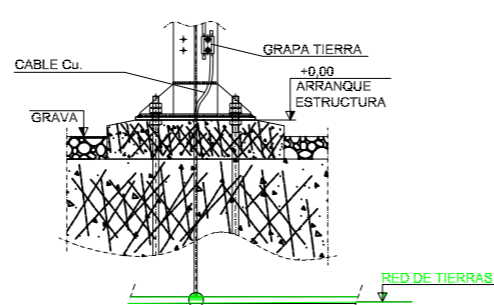
DETALLE B
CONEXIÓN DE 2 CONDUCTORES CRUZADOS
MEDIANTE SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA



DETALLE ZANJA MALLA TIERRAS



DETALLE P.A.T. ESTRUCTURAS
CONEXIÓN DE 2 CONDUCTORES CRUZADOS
MEDIANTE SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA



NOTA:
Cotas en m



PROYECTO: **DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA INTENSIDAD 66/20 kV Y DISEÑO DE ANILLO DE M.T. PARA LA ALIMENTACIÓN DEL POLIGONO INDUSTRIAL ASEGRA**

PETICIONARIO: **Escuela Ingenierías Industriales Málaga (EII)**

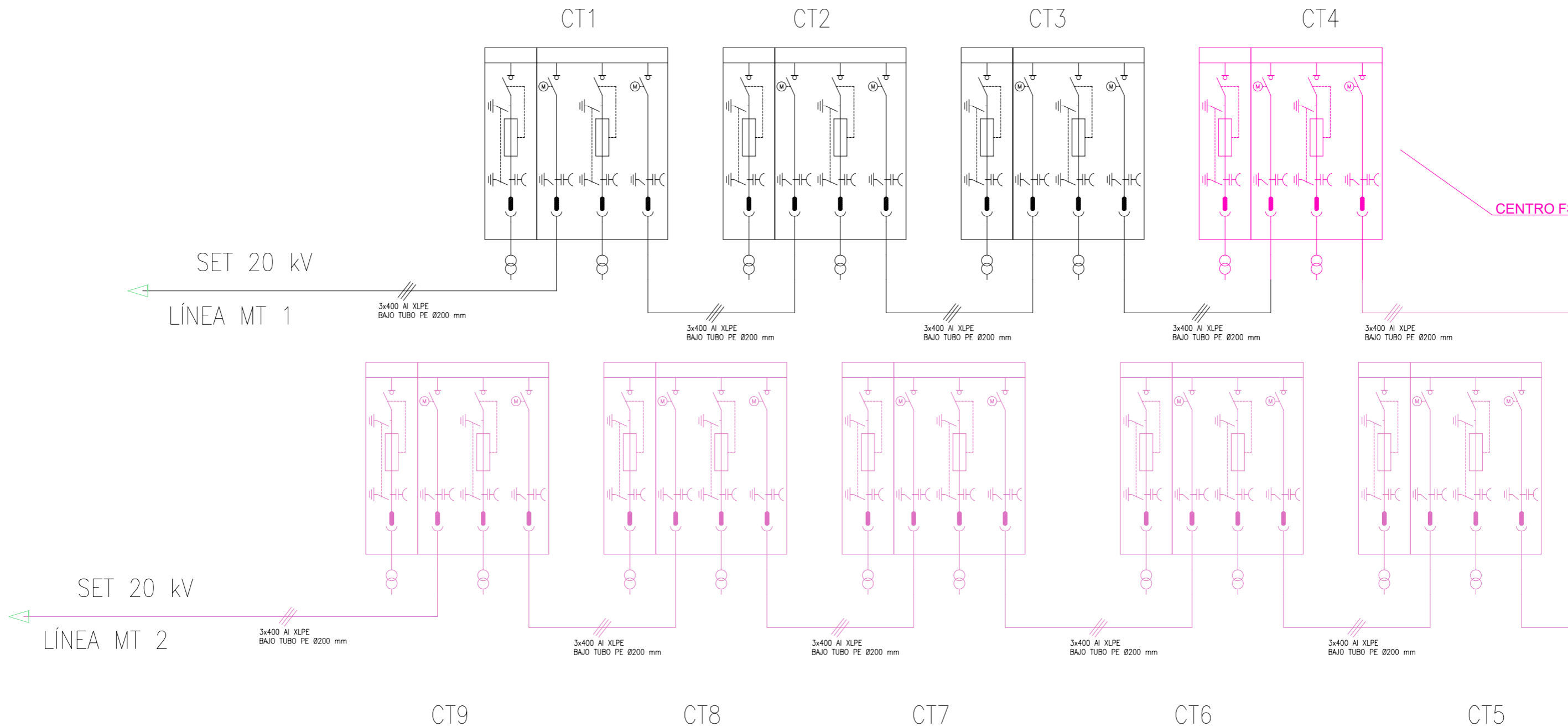
DESIGNACION PLANO:
PUESTA A TIERRA

FIRMA:
FDO.: **INGENIERA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

SITUACION:
POBLACION: **PELIGROS(GRANADA)** C.P.: 18210
SITA: **Polígono Industrial Asegra**

FECHA: **1-05-2025** ESCALA: **S/E**

Nº EXPEDIENTE: **SET/25** Nº PLANO: **11**



Anillo 1



DESIGNACION PLANO:
ESQUEMA UNIFILAR
ANILLO 1

PROYECTO: *DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA INTENSIVIDAD 66/20 kV Y DISEÑO DE ANILLO DE M.T. PARA LA ALIMENTACIÓN DEL POLÍGONO INDUSTRIAL ASEGRA*

PETICIONARIO: *Escuela Ingenierías Industriales Málaga (EII)*

FIRMA:

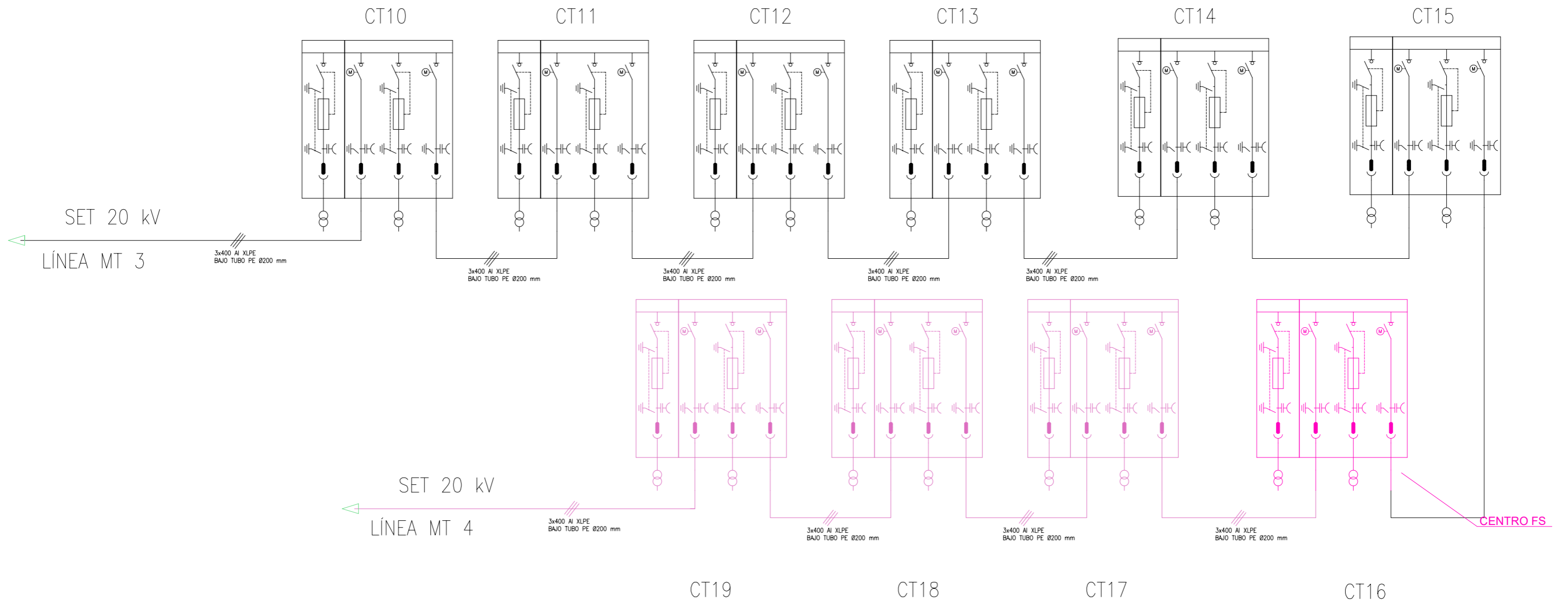
FDO.:
INGENIERA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

SITUACION:
POBLACION: PELIGROS(GRANADA) C.P.: 18210
SITA: Polígono Industrial Asegra

FECHA: *1-05-2025* ESCALA: *S/E*

Nº EXPEDIENTE: *SET/25* Nº PLANO: *12*

CENTRO FS



Anillo 2



PROYECTO: DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA INTENSIDAD 66/20 kV Y DISEÑO DE ANILLO DE M.T. PARA LA ALIMENTACIÓN DEL POLIGONO INDUSTRIAL ASEGRA

PETICIONARIO: Escuela Ingenierías Industriales Málaga (EII)

DESIGNACION PLANO: ESQUEMA UNIFILAR
ANILLO 2

FIRMA: FDO.: INGENIERA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

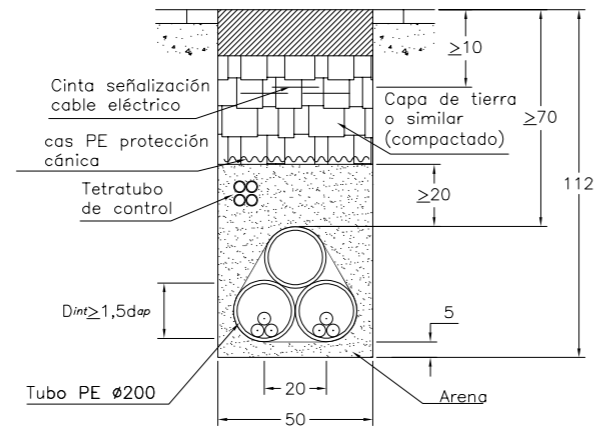
SITUACION: POBLACION: PELIGROS(GRANADA) C.P.: 18210
SITA: Poligono Industrial Asegra

FECHA: 1-05-2025 ESCALA: S/E

Nº EXPEDIENTE: SET/25 Nº PLANO: 13

ACERA

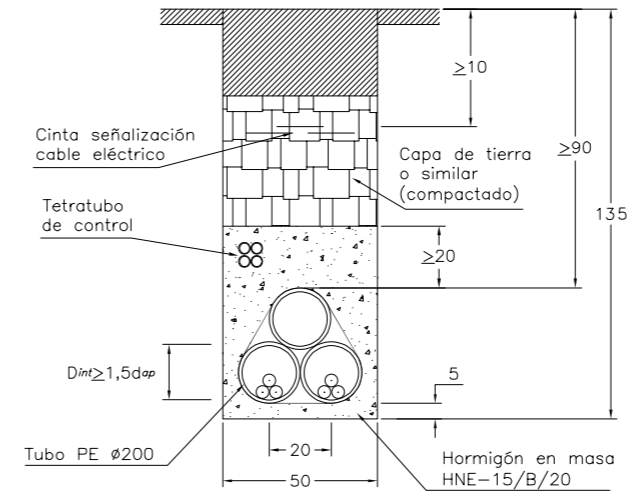
(EN ACERA TUBO SECO)



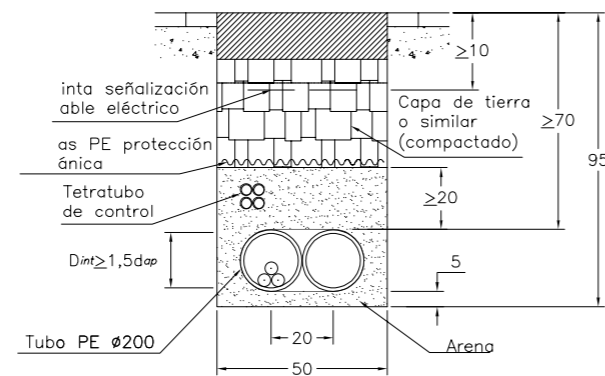
2 CIRCUITOS

CALZADA

(EN CALZADA TUBO HORMIGONADO)
CRUCE

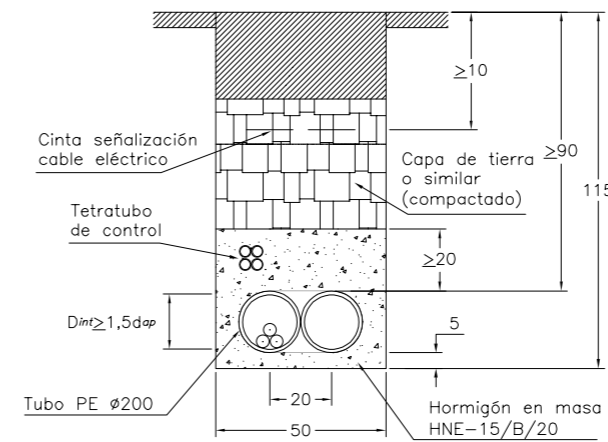


(EN ACERA TUBO SECO)

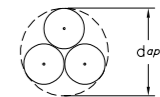


1 CIRCUITO

(EN CALZADA TUBO HORMIGONADO)
CRUCE



DIÁMETRO APARENTE (d_{ap}) MT



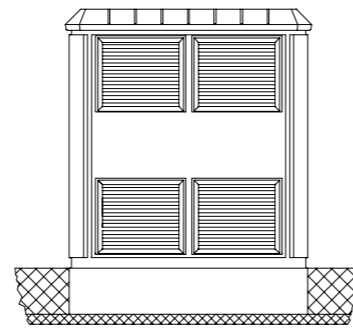
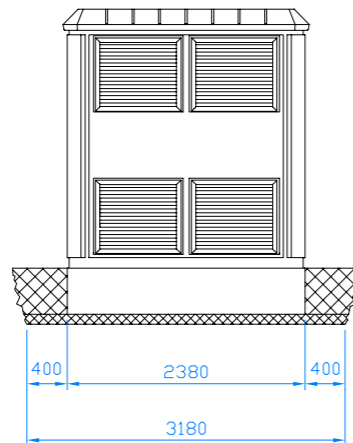
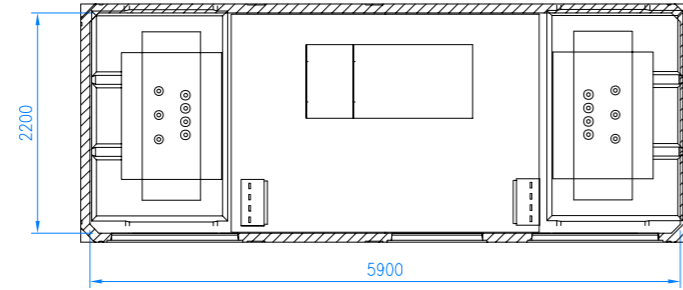
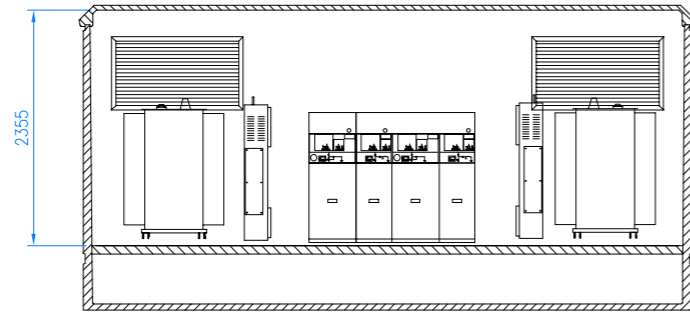
PROYECTO: DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA INTEMPERIE 66/20 kV Y DISEÑO DE ANILLO DE M.T. PARA LA ALIMENTACIÓN DEL POLÍGONO INDUSTRIAL ASEGRA

PETICIONARIO: Escuela Ingenierías Industriales Málaga (EII)

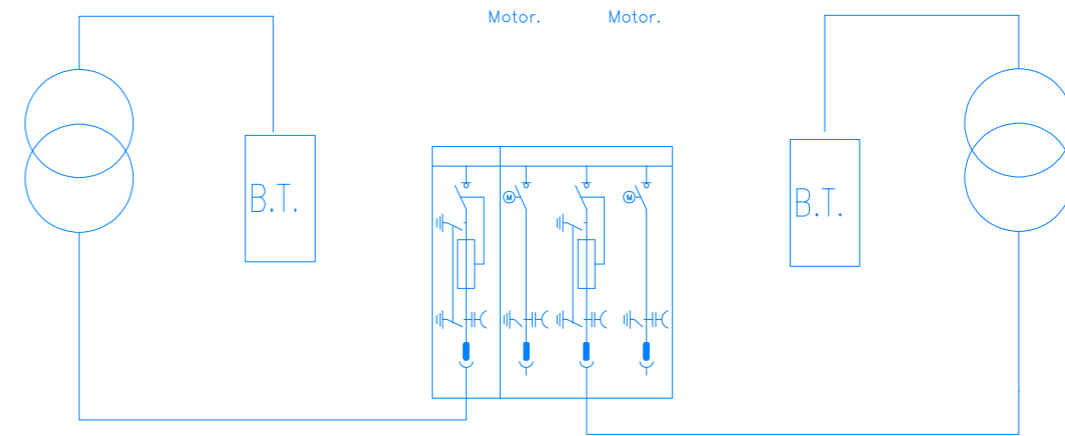
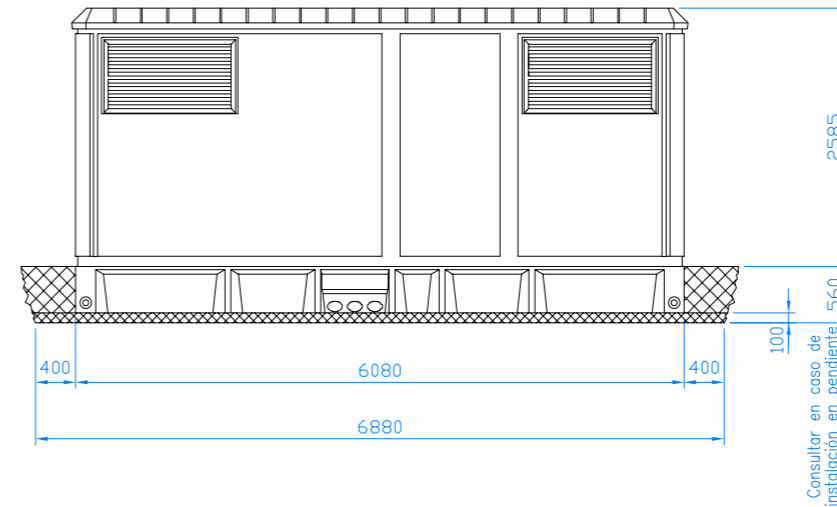
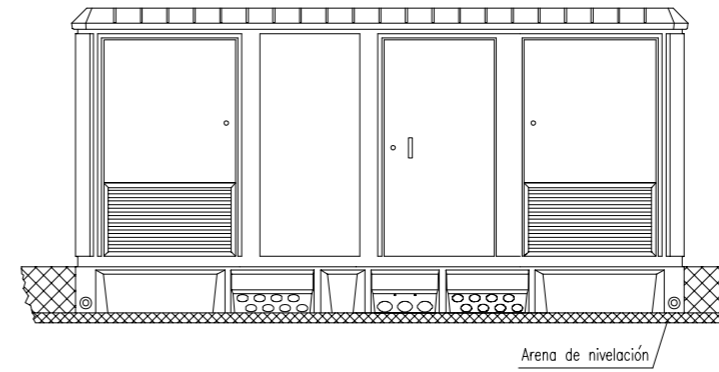
DESIGNACIÓN PLANO: CANALIZACIÓN

FIRMA: _____
FDO.: INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

SITUACIÓN: _____
POBLACION: PELIGROS(GRANADA) C.P.: 18210
SITA: Polígono Industrial Asegra
FECHA: 1-05-2025
ESCALA: S/E
Nº EXPEDIENTE: SET/25
Nº PLANO: 15



DIMENSIONES DE LA EXCAVACION
6.88 m. ancho x 3.18 m. fondo x 0.56 m. profund.



NOTA:
Cotas en mm



PROYECTO: DISEÑO DE SUBESTACION ELÉCTRICA INTemperIE 66/20 kV Y DISEÑO DE ANILLO DE M.T. PARA LA ALIMENTACIÓN DEL POLIGONO INDUSTRIAL ASEGRA

PETICIONARIO: Escuela Ingenierías Industriales Málaga (EII)

DESIGNACION PLANO: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

FIRMA:

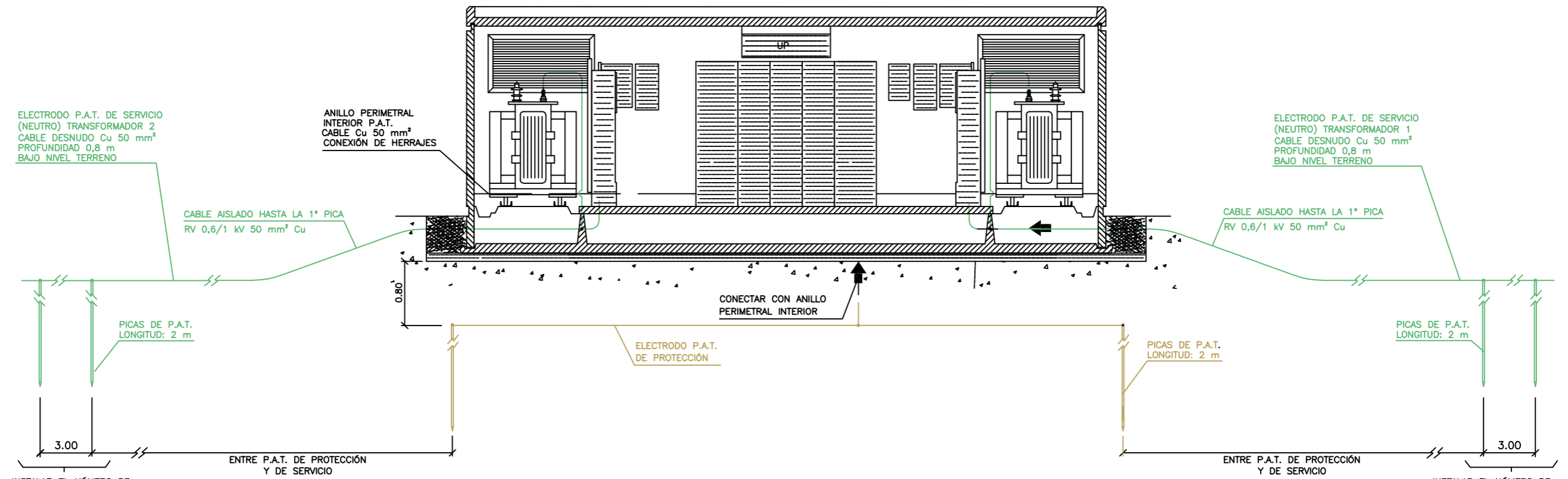
SITUACION: POBLACION: PELIGROS(GRANADA) C.P.: 18210 SITA: Poligono Industrial Asegra

FECHA: 1-05-2025 ESCALA: 1/75

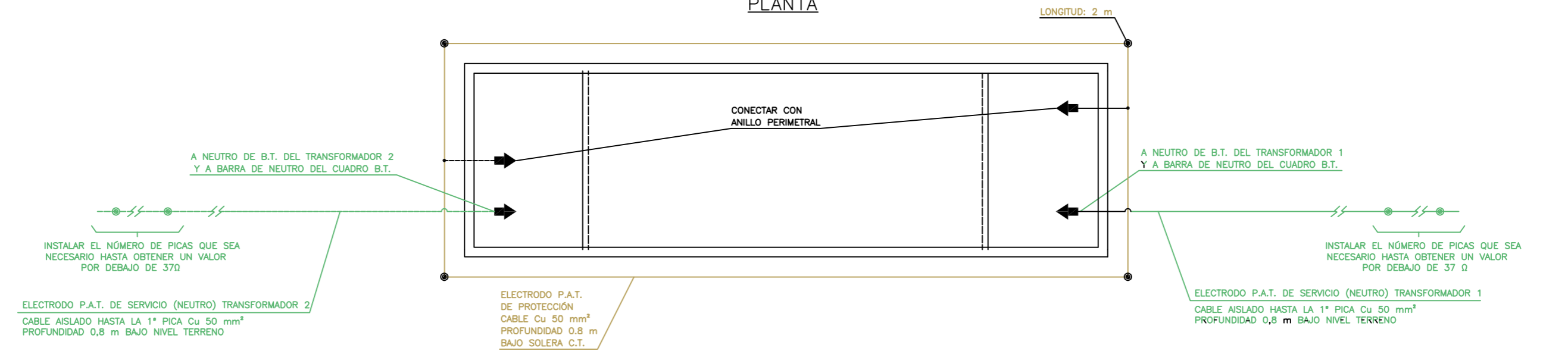
Nº EXPEDIENTE: SET/25 Nº PLANO: 16

FDO.: GRADO: INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES

SECCIÓN



PLANTA



NOTAS:

- * SE CONECTARÁN A LA P.A.T. DE PROTECCIÓN LOS SIGUIENTES ELEMENTOS:
 - ENVOLTURAS Y PANTALLAS METÁLICAS DE LOS CABLES DE A.T.
 - ENVOLVENTES METÁLICAS DE LAS CELDAS A.T. DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA
 - ENVOLVENTES METÁLICAS DE LOS CUADROS DE B.T Y TELEMANDO
 - CUBA DEL TRANSFORMADOR
 - BORNAS DE TIERRA DE LOS DETECTORES DE TENSION
 - ENREJADO DE PROTECCIÓN DEL TRANSFORMADOR
 - MARCO METÁLICO DE LOS CANALES DE CABLES

NOTAS:

- * AL OBJETO DE EVITAR LAS TENSIONES DE PASO Y DE CONTACTO, SE CONECTARÁ EL MALLAZO EQUIPOTENCIAL AL ANILLO PERIMETRAL INTERIOR Y ÉSTE AL ELECTRODO DE P.A.T. DE PROTECCIÓN EN DOS PUNTOS OPUESTOS
- * A LA P.A.T. DE SERVICIO (NEUTRO) SE CONECTARÁ LA BORNA DEL NEUTRO DE B.T. DEL TRANSFORMADOR Y LA PLETINA DE NEUTRO DEL CUADRO DE B.T.



Departamento de
Expresión Gráfica,
Diseño y Proyectos

DESIGNACION PLANO:

PUESTA A TIERRA CT

PROYECTO:

PROYECTO: DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA INTEMPERIE 66/20 kV Y DISEÑO DE ANILLO DE M.T. PARA LA ALIMENTACIÓN DEL POLÍGONO INDUSTRIAL ASEGRA

PETICIONARIO:

Escuela Ingenierías Industriales Málaga (EII)

FIRMA:

SITUACION:

POBLACION: PELIGROS(GRANADA) C.P.: 18210

SITA: Polígono Industrial Asegra

FECHA:

1-05-2025

ESCALA:

S/E

FDO.:

GRADO: INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

Nº EXPEDIENTE:

SET/25

Nº PLANO:

17



ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

**ÍNDICE**

1. Justificación.....	277
2. Objeto.....	278
3. Datos generales	279
3.1 Tipo de trabajo.....	279
3.2 Actividades principales	279
3.3 Situación.....	279
3.4 Duración de la obra	280
3.5 Mano de obra y horario	280
3.6 Entorno y condicionantes	281
3.7 Maquinaria vehículos y equipos.....	282
4. Instalaciones auxiliares de obra.....	283
4.1 Instalaciones de seguridad e higiene	283
4.2 Instalación eléctrica provisional.....	284
4.3 Señalización	285
5. Análisis de Riesgos y protecciones	286
6. Prevención de accidentes	289
6.1. Responsabilidades en materia de seguridad	289
6.2 Selección y entrenamiento del personal	290
6.3 Asistencia sanitaria en obra	292
6.4 Notificación e investigación de accidentes	293
7. Legislación y normativa aplicable.....	293
8. Pliego de condiciones de seguridad y salud.....	295



(Esta hoja se ha dejado en blanco intencionadamente)



1. Justificación

La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, establece el cuerpo básico de garantías y responsabilidades necesario para asegurar un nivel adecuado de protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Según lo dispuesto en su artículo 6, serán las normas reglamentarias las encargadas de fijar las medidas mínimas necesarias para la adecuada protección de los trabajadores. Entre estas se encuentran las relativas a las obras de construcción.

En este contexto, el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, aplicables tanto a obras públicas como privadas en las que se realicen trabajos de construcción o ingeniería civil.

La actuación proyectada, relativa a la ejecución de un taller de reparación y mantenimiento de vehículos automóviles, con uso clasificado como industrial, se encuentra incluida en el Anexo I del citado Real Decreto, al comprender diversas actividades como:

- a) Excavación
- b) Movimiento de tierras
- c) Construcción
- d) Montaje y desmontaje de elementos prefabricados
- e) Acondicionamiento o instalación
- l) Trabajos de pintura y de limpieza
- m) Saneamiento

Dado que se trata de una obra con las siguientes características:

- a) El Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC) **es inferior** a 450.759,078 € (75 millones de pesetas).
- a) La duración estimada de la obra **no es superior** a 30 días o no se emplea en ningún momento a **más** de 20 trabajadores **simultáneamente**.

(En este apartado basta que se de una de las dos circunstancias. El plazo de ejecución de la obra es un dato a fijar por la propiedad de la obra. A partir del mismo se puede deducir una estimación del número de trabajadores necesario para ejecutar la obra, pero no así el número de trabajadores que lo harán simultáneamente. Para esta determinación habrá que tener prevista la planificación de los distintos trabajos, así como su duración. Lo más práctico es obtenerlo por la experiencia de obras similares.)

- b) El volumen de mano de obra estimada es inferior a 500 trabajadores/día (suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra)

- c) **No es** una obra de túneles, galerías, conducciones subterráneas o presas.



Como no se da ninguno de los supuestos previstos en el apartado 1 del Artículo 4 del R.D. 1627/1.997 se redacta el presente ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

2. Objeto

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud tiene por objeto establecer y definir las normas, procedimientos, medidas preventivas y protecciones técnicas necesarias para la prevención de los riesgos laborales durante la ejecución de las obras de adecuación y puesta en marcha de la subestación eléctrica, anillos de MT y CTs, ubicados en polígono industrial Asegra, situado en Peligros, Granada.

Dicho estudio se redacta conforme a lo dispuesto en el artículo 6 y el Anexo II del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

Este documento tiene como finalidad garantizar la seguridad y salud de los trabajadores durante la fase de ejecución de la obra, así como establecer las condiciones mínimas que deben cumplirse para evitar accidentes y enfermedades profesionales, mediante la adopción de medidas técnicas y organizativas.

Se contemplan los siguientes aspectos:

- Las normas legales y reglamentarias de seguridad y salud aplicables.
- La identificación de los riesgos que puedan ser evitados, proponiendo las medidas técnicas adecuadas.
- La enumeración de los riesgos que no pueden eliminarse, detallando las medidas preventivas necesarias para controlarlos.
- Las previsiones necesarias para la realización futura de trabajos de mantenimiento u otros trabajos previsibles en condiciones de seguridad.

Así mismo, se establecen las directrices que deben observarse por los distintos intervinientes en la obra (promotor, contratistas y trabajadores) con el fin de:

- Garantizar la salud e integridad física de los trabajadores.
- Evitar situaciones peligrosas derivadas de la improvisación o la carencia de medios adecuados.
- Delimitar claramente las responsabilidades en materia de prevención.
- Determinar los costes asociados a las medidas preventivas.
- Seleccionar las medidas de protección más adecuadas para cada riesgo.
- Adoptar técnicas constructivas que minimicen dichos riesgos.
- Facilitar información útil para futuros trabajos de mantenimiento o reforma.



3. Datos generales

3.1 Tipo de trabajo

Los trabajos que realizarán contratistas de diversas especialidades para la ejecución de la Subestación Eléctrica con anillo de Media Tensión (MT) y Centro de Transformación Subterráneo (CTS) se resumen en las siguientes fases de construcción:

- Acondicionamiento y mejora de accesos: desbroce, nivelación y apertura de viales internos para el tránsito seguro de maquinaria y personal.
- Cimentaciones y soportes metálicos: hormigonado de zapatas y bancadas para pórticos de línea, bastidores de celdas MT y transformadores.
- Canalizaciones subterráneas: zanjas y tubos para drenajes pluviales, cables de control y protección, cables de potencia MT y conductores de puesta a tierra.
- Caseta de control y servicios auxiliares: edificio o contenedor prefabricado destinado a albergar equipos sensibles (tableros de protección, baterías, SAI) y resguardarlos de la intemperie.

3.2 Actividades principales

Las fases operativas previstas para la ejecución de la subestación eléctrica con anillo MT y CTS pueden describirse, con terminología adaptada, del modo siguiente:

- Implantación topográfica, excavación y hormigonado de basas: trazado en obra, movimiento de tierras y ejecución de zapatas y losas donde se anclarán pórticos, bastidores y transformadores.
- Recepción y manipulación de equipos y estructuras: descarga, verificación y posicionamiento inicial de celdas MT, cuadros de control, armarios de protección y perfiles metálicos.
- Logística y traslados internos: desplazamiento de materiales y componentes por la parcela mediante carretillas elevadoras, camión-pluma o grúa móvil hasta su punto de montaje.
- Instalación de cerramientos y vallado perimetral: montaje de malla rígida, puertas de acceso y paneles protectores para delimitar y asegurar la zona de alta tensión.
- Extendido de árido y acabados de urbanización: engravillado de pasillos entre equipos, formación de pendientes de drenaje y remates finales de caminos y zonas de mantenimiento

3.3 Situación

La instalación se ubica en el Polígono Industrial “Asegra”, término municipal de Peligros (Granada), dentro de la comarca de la Vega de Granada. El polígono se encuentra en la margen derecha de la autovía A-44 (Eje Bailén-Motril), con acceso directo mediante el enlace 122 y su ramal de servicio (≈ 140 m), así como conexión perimetral con la circunvalación GR-30.



El entorno inmediato es eminentemente industrial y logístico, con viales asfaltados de sección ≥ 7 m, acerado perimetral y red de servicios urbanos (abastecimiento, saneamiento, telecomunicaciones y gas). La distancia al casco urbano de Granada capital es de ~ 6 km en dirección sureste, lo que facilita la cobertura de emergencias y suministros auxiliares.

Esta situación proporciona:

- Accesibilidad rodada para transporte pesado desde la A-44 y GR-30 sin atravesar zonas residenciales.
- Red de servicios consolidada, reduciendo trabajos de acometida externa.
- Impacto acústico y visual bajo al hallarse en un área industrial consolidada.

3.4 Duración de la obra

Al ser una obra de tamaño moderado, se estima que su ejecución será inferior a los 55 días laborables.

3.5 Mano de obra y horario

Para la ejecución de la obra se estima una mano de obra media de 4 a 6 trabajadores, alcanzando picos de 7 en horas punta.

El personal de obra previsto, con carácter orientativo, es el siguiente:

Mano de obra directa

- Capataces y responsables de cuadrilla
- Oficiales encofradores
- Armadores de ferralla
- Oficiales albañiles
- Operarios de pintura
- Operadores de grúa y maquinaria autopropulsada
- Especialistas en remates y acabados
- Peones y ayudantes generales

Mano de obra indirecta

- Dirección de obra / jefatura de proyecto.
- Técnicos de ejecución, control de calidad y seguridad.
- Encargados generales
- Personal administrativo y de soporte

Todos los trabajadores estarán debidamente formados e informados en prevención de riesgos laborales, con la formación específica de oficio que corresponda. En particular, aquellos que realicen tareas peligrosas deberán contar con la capacitación necesaria y la Tarjeta Profesional de la Construcción (TPC) según lo exigido en el sector de la construcción.

El horario de trabajo de la obra será diurno, en jornada normal de 8 horas (aproximadamente de 8:00 a 16:00 con sus descansos), evitando en lo posible trabajos nocturnos o en fines de semana para minimizar molestias a terceros y trabajar con mejor visibilidad. Cualquier trabajo fuera del horario previsto se comunicará previamente y se asegurará la presencia de iluminación y vigilancia adecuadas.



3.6 Entorno y condicionantes

La actuación se ubica en el Polígono Industrial Asegra (Peligros, Granada) y comprende tanto trabajos en el interior de la parcela como la ejecución de zanjas de Media Tensión (MT) y acometidas de puesta a tierra que discurrirán por viales comunes del polígono hasta enlazar con la red existente.

Incidencia sobre la vía pública y viales del polígono

- Las canalizaciones MT ocuparán, de forma temporal, calzadas, Acerados y zonas de aparcamiento.
- Se solicitará al ayuntamiento la licencia de ocupación de vía y se implantará un plan de señalización y balizamiento (conos, barreras tipo New-Jersey, paneles luminosos y desvíos peatonales).
- Las zanjas se abrirán por tramos máximos de 50 m y se tapan o entibarán al final de cada jornada para mantener, siempre que sea posible, un carril libre de circulación.
- Las labores de carga/descarga se realizarán fuera de las horas punta del polígono (antes de las 8:00 h y después de las 17:00 h) para minimizar retenciones.

Coexistencia con actividades vecinas

- El entorno inmediato alberga naves de logística y talleres mecánicos. Se establecerá coordinación de actividades empresariales (CAE) con las compañías colindantes: intercambio de planos de servicios, teléfonos de emergencia y procedimientos de evacuación.
- Cualquier intervención que implique corte temporal de suministro eléctrico o posible interferencia con hidrantes contra incendios se comunicará con 48 h de antelación a los vecinos afectados.

Servicios enterrados y afecciones a infraestructuras

- Previamente al inicio se realizará detección de servicios (cables telecom, gas, agua) mediante georradar y sondajes manuales.
- Durante la excavación, se mantendrá una franja de seguridad de 50 cm respecto a instalaciones ajenas; cuando ésta no sea posible, el tramo se excavará manualmente y en presencia del titular del servicio.

Condiciones medioambientales y de seguridad

- El polígono cuenta con red de pluviales conectada a la EDAR metropolitana; los bombeos o achiques se dirigirán a dicha red con filtrado previo de sólidos para evitar obstrucciones.
- Se dosificará el uso de maquinaria ruidosa (martillos hidráulicos, cortadoras) priorizando horas diurnas y se instalarán pantallas acústicas móviles si la medición supera 70 dB(A) en fachada de terceros.
- Para minimizar polvo, las superficies se regarán con cisterna cuando la humedad relativa sea < 40 %.
- Se mantendrá ruta peatonal señalizada y protegida con pasarela metálica sobre zanjas en los accesos principales de las empresas colindantes.

Emergencias y primeros auxilios



- Se habilitará punto de reunión en un solar libre a 40 m de la obra.
- El acceso de bomberos o ambulancias se asegurará mediante paso libre de 4 m de ancho en todo momento.
- La obra adoptará el plan de autoprotección del polígono, integrando su propio botiquín tipo B, extintores 21A-113B-C cada 25 m y equipo de respiración autónoma para rescate en zanja profunda.

Con estas medidas se garantiza que la ejecución de las canalizaciones de media tensión y el resto de trabajos interfieran lo mínimo en la operativa diaria del Polígono Asegra y se mantengan los niveles de seguridad, movilidad y convivencia exigibles.

3.7 Maquinaria vehículos y equipos

Durante las obras se utilizarán los siguientes equipos, vehículos y herramientas auxiliares:

Equipos principales

- Conjunto de soldadura.
- Sistema de soldadura y corte oxiacetilénico.
- Rosca eléctrica portátil para tubería.
- Camión de transporte de materiales.
- Grúa móvil.
- Camión con pluma hidráulica integrada.
- Herramientas de fijación a pólvora o gas (clavadoras de impacto).
- Taladros eléctricos portátiles.
- Cortadores de tubo.
- Curvatubos manuales o hidráulicos.
- Amoladoras angulares y esmeriles.
- Útiles de izado (polipastos, poleas, eslingas, grilletes, tirfors, etc.).
- Excavadora equipada con martillo hidráulico.
- Retroexcavadora mixta.
- Autohormigonera.
- Camión volquete basculante.
- Motoniveladora.
- Excavadora de cadenas.
- Rodillo compactador vibrante.
- Compresor eléctrico.
- Martillos neumáticos y cinceladores.
- Cabestrante eléctrico de izado.
- Vibrador interno para hormigón.

Medios auxiliares

- Andamios
- Plataforma elevadora autopropulsada (PEMP).
- Escaleras portátiles rectas.
- Escaleras de tijera.
- Cuadros de distribución eléctrica provisional.



- Instalación eléctrica temporal de obra.
- Herramientas manuales diversas.
- Bancadas de trabajo metálicas.
- Grupo electrógeno portátil.

4. Instalaciones auxiliares de obra

Con el objetivo de asegurar condiciones óptimas de seguridad y salud, las instalaciones provisionales se diseñarán cumpliendo con las disposiciones del RD 1627/1997 (Anexo IV, requisitos de instalaciones en obras) y del RD 486/1997 (condiciones mínimas de seguridad en lugares de trabajo), entre otras normativas aplicables. Se contemplan los siguientes aspectos:

4.1 Instalaciones de seguridad e higiene

Código	Apartado	Contenido adaptado a la subestación
4.1.1	Cerramiento y control de accesos	<ul style="list-style-type: none"> - Se instalará un vallado metálico rígido a 2 m de altura en todo el contorno que aún no disponga de cerramiento permanente. - Se habilitará una única puerta de obra (4 m de ancho libre) señalizada con cartel normalizado: “SUBESTACIÓN EN CONSTRUCCIÓN <ul style="list-style-type: none"> – Prohibido el paso a personal no autorizado”.- En la garita se llevará registro de entrada (nombre, empresa, hora) y se verificará que el trabajador accede con los EPIs exigidos (casco dieléctrico, calzado S3, ropa ignífuga ARC CAT 2, gafas, etc.).
4.1.2	Servicios higiénicos y vestuarios	<ul style="list-style-type: none"> - Se colocará cabina WC química y lavamanos autónomo (bidón 50 L) en zona resguardada del viento. - El vestuario-comedor provisional se ubicará en la futura sala de control: taquillas metálicas ventiladas, mesa y sillas; superficie mínima $\geq 2 \text{ m}^2/\text{operario}$. - Contenedor con tapa para residuos orgánicos, vaciado diario.
4.1.3	Agua potable	<ul style="list-style-type: none"> - Aprovechamiento de la red interior del polígono; chequeo de potabilidad previo. - Punto fijo con grifo + señal “AGUA POTABLE”. - Refuerzo con garrafas de 8 L en época estival; nevera portátil en vestuario.
4.1.4	Primeros auxilios	<ul style="list-style-type: none"> - Botiquín portátil tipo A ubicado junto al tablón de obra (gasas, vendajes, suero monodosis, guantes, tijeras, analgésicos básicos). - Cartel con teléfonos 112, 061 y localización del centro de salud de Peligros (3,5 km). - Al menos un operario por turno con formación básica en primeros auxilios.



4.1.5	Protección contra incendios	<ul style="list-style-type: none"> - Dos extintores polvo ABC 6 kg: uno en la puerta de acceso, otro en la zona opuesta de la nave. - Señalización fotoluminiscente conforme a RD 485/1997.- Cubo con arena y manta ignífuga junto a puesto de soldadura. - Procedimiento de “trabajos en caliente” (retirada de combustibles en un radio de 5 m y vigilancia 30 min tras finalizar).
4.1.6	Iluminación y ventilación provisionales	<ul style="list-style-type: none"> - Luz natural mediante apertura de portones; cuando < 200 lx, se activarán focos LED 50 W IP65 suspendidos a 3 m.- Para soldadura y aplicación de pintura se dispondrán extractores portátiles 1 000 m³/h y renovación de aire continua.
4.1.7	Orden y limpieza	<ul style="list-style-type: none"> - Plan de limpieza diario: retirada de escombros a contenedor, apilado de cables y bandejas en zona designada, cubas diferenciadas para chatarra, hormigón y residuos peligrosos (aceites, trapos contaminados). - Pasillos de 1,2 m libres y salidas de emergencia despejadas. - Supervisión del encargado al cierre de la jornada.

Marco normativo aplicable

Todas las dotaciones anteriores cumplen, como mínimo, con:

- RD 1627/1997, Anexo IV – Instalaciones en obra.
- RD 486/1997, Anexos II y V – Condiciones de iluminación, agua potable y servicios higiénicos.
- RD 485/1997 – Señalización de seguridad.
- RD 513/2017 – Instalaciones de protección contra incendios.
- Ley 31/1995, art. 20 – Medidas de emergencia.

4.2 Instalación eléctrica provisional

- Conexión provisional a la red
 - Se tramitará ante la compañía distribuidora la solicitud de suministro temporal de obra (línea aérea o subterránea a cuadro de obra), incluyendo su acometida, contador y puesta a tierra regulada.
 - El punto de enganche se situará fuera de la zona de maniobras para evitar interferencias con excavaciones y tráfico interno.
- Grupo electrógeno de respaldo
 - Mientras la distribuidora ejecuta la acometida, o en caso de cortes, se utilizará un generador portátil ubicado en exterior, sobre bancada nivelada, con malla de tierra y barrera acústica si supera 70 dB(A).
 - Cuadro temporal conforme a ITC-BT-33, con diferencial ≤ 30 mA y magnetotérmicos por circuitos (iluminación, tomas, etc.).
 - Instalado en zona seca, elevada y accesible solo a personal autorizado.

Tendido y conexiones

- Cables normalizados de doble aislamiento; protegidos o elevados sobre zonas de paso.
- Bases de enchufe con tapa estanca (grado IP adecuado).
- Uso preferente de herramientas a baja tensión de seguridad (24-50 V) o a batería.

Operativa diaria

- Corte temporal de tensión cuando se trabaje con agua o en ambientes muy húmedos.
- Revisión visual de cables y enchufes antes de cada uso.
- Desconexión del interruptor general al terminar la jornada para evitar incendios y maniobras indebidas.

Normativa de referencia

- RD 614/2001 (protección frente al riesgo eléctrico).
- ITC-BT-33 (instalaciones temporales en obras).

4.3 Señalización

Área	Señales clave	Objetivo
1. Acceso y perímetro	• Cartel “SUBESTACIÓN EN CONSTRUCCIÓN – Prohibido el paso” • Pictos de uso obligatorio de casco y calzado • “Prohibido fumar”	Restringir la entrada y exigir EPIs desde el primer punto de acceso
2. Advertencias temporales	Triángulos amarillos según riesgo activo: riesgo eléctrico, caída de objetos, suelo resbaladizo...	Alertar de peligros específicos solo mientras existan
3. Circulación y evacuación	• Vías peatonales balizadas • Salidas de emergencia fotoluminiscentes • Punto de reunión exterior	Guiar desplazamientos seguros y desalojos rápidos
4. Equipos de emergencia	• Extintor señal roja • Botiquín cruz verde • Plano de ubicación entregado en la charla inicial	Facilitar la localización inmediata de medios de socorro
5. Maniobras externas	• “Hombres trabajando” / “Atención obras” portátiles • Velocidad máx. 10 km/h en recinto	Proteger a terceros y regular el tráfico de camiones y carretillas
6. Etiquetado y códigos de color	• Banda amarillo-negra en bordes u obstáculo • Pictos GHS en envases de residuos peligrosos	Evitar golpes y avisar de sustancias peligrosas

Normativa aplicada: todas las señales y pictogramas cumplen el RD 485/1997.

Carácter provisional: se instalan solo mientras el riesgo o la fase lo requieran y se retiran al quedar eliminado, evitando saturación visual.

5. Análisis de Riesgos y protecciones

En este capítulo se realiza una identificación de los riesgos principales asociados a la obra, clasificándolos en tres categorías generales: riesgos relativos al personal (derivados de las acciones humanas y condiciones del lugar de trabajo), riesgos ligados a los materiales y sustancias utilizadas, y riesgos por el uso de vehículos, maquinaria y equipos de elevación. Para cada categoría se listan las situaciones de peligro más relevantes en esta obra concreta. Este análisis cualitativo servirá de base para proponer las medidas preventivas específicas en capítulos posteriores.

Bloque de trabajo	Principales riesgos	Protecciones colectivas y organizativas	EPIs / técnicas individuales
1. Riesgos GENERALES (presentes en toda la obra)	<ul style="list-style-type: none"> • Caídas de objetos y de personas (mismo/distinto nivel) <ul style="list-style-type: none"> • Golpes, cortes y atrapamientos • Sobreesfuerzos • Descargas eléctricas • Incendio / explosión • Atropellos • Ruido, vibraciones, polvo, químicos <ul style="list-style-type: none"> • Condiciones atmosféricas • Proximidad a líneas aéreas 	<ul style="list-style-type: none"> • Orden-limpieza de tajos, pasillos y cableado • Barandillas, redes y tapas en huecos • Señalización de accesos y EPIs • Extintor polvo ABC por frente de trabajo • Mamparas ignífugas para soldadura • Límite interno 20 km/h y alarma marcha-atrás • Distancias a líneas: ≥ 3 m (66 kV) / 5 m (66–220 kV) / 7 m (> 220 kV) 	Casco, botas S3, chaleco alta visibilidad, guantes, gafas, mascarilla FFP2/3, protectores auditivos, arnés (> 2 m)

RIEGOS ESPECÍFICOS

Bloque de trabajo	Principales riesgos	Protecciones colectivas y organizativas	EPIs/ técnicas individuales
2. Movimiento de tierras / zanjas MT	<ul style="list-style-type: none"> • Deslizamiento de taludes <ul style="list-style-type: none"> • Contacto con redes enterradas • Vuelco de retro o dúmper <ul style="list-style-type: none"> • Atropellos • Polvo nocivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Talud $\leq 45^\circ$ o entibación $> 1,5$ m • Vallado 1 m borde + barandilla si circula personal <ul style="list-style-type: none"> • No acopiar a < 2 m del borde • Riego antipolvo y pista limitada a 20 km/h • Georradar y catas para detectar servicios 	Casco, botas con puntera, gafas envolventes, FFP2, chaleco, guantes



3. Encofrado / desencofrado	<ul style="list-style-type: none"> • Desprendimiento de tableros • Caída de materiales • Pinchazos con clavos • Golpes de herramienta 	<ul style="list-style-type: none"> • Montaje de paneles en suelo cuando $h < 4$ m; izado con grúa • Plataformas con barandilla + rodapié • Zona balizada durante desencofre • Escaleras regladas o andamio-escalera si $h > 3$ m 	Casco, guantes anticorte, gafas, arnés doble cabo (> 2 m), botas
4. Ferralla	<ul style="list-style-type: none"> • Cortes y pinchazos • Atrapamiento al descargar paquetes • Tropiezos sobre armaduras 	<ul style="list-style-type: none"> • Acopio horizontal $\leq 1,5$ m alto, separado con durmientes • Taponos en puntas y pasarelas 60 cm sobre armadura • Prohibido trepar; usar escaleras/andamios 	Guantes anticorte, botas S3, casco, gafas / pantalla DIN si se suelda
5. Hormigonado y vibrado	<ul style="list-style-type: none"> • Salpicaduras cáusticas • Rotura de encofrado • Caídas en superficie mojada • Electrocutión (humedad) 	<ul style="list-style-type: none"> • Pasarela antideslizante para manguera • Dos operarios + señalista • Equipos 24 V o diferencial 30 mA • Topes de hormigonera y prohibido situarse detrás 	Guantes y botas impermeables, gafas estancas, mascarilla FFP3, peto plástico
6. Transporte interno de materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Caída o desplazamiento de la carga • Partes salientes $> 1,5$ m • Vuelcos • Golpes con peatones • Líneas AT 	<ul style="list-style-type: none"> • No superar carga placa • Amarre con eslingas EN 12195 • Banderola/luz roja en salientes $\leq 1,5$ m • Calzos + señalista en maniobra • Prohibido circular con carga suspendida • Pórtico-gálibo a líneas eléctricas 	Casco, chaleco, guantes mecánicos, botas S3, gafas



7. Montaje de prefabricados / cerramientos	<ul style="list-style-type: none"> • Caída de piezas por fallo de izado • Atrapamientos de manos/pies • Caídas de altura • Humos metálicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Guiado con cuerdas fuera de radio • Balizar perímetro carga • Suspender maniobra con viento > 40 km/h • Redes o PEMP para montaje • Proteger con lona ignífuga en soldadura 	Casco, guantes anti-impacto, botas, arnés y línea de vida
8. Maniobras de izado y montaje de equipos	<ul style="list-style-type: none"> • Desprendimiento de la carga • Caída de objetos pequeños • Golpes contra estructuras • Vuelco de grúa 	<ul style="list-style-type: none"> • Zona de izado acordonada ($\frac{1}{2}$ radio + 2 m) • Estrobos revisados (descartar hilos rotos > 5 %) • Tag-line para estabilizar • Terreno nivelado + estabilizadores completos 	Casco, arnés en estrobado, guantes, chaleco
9. Albañilería y pintura	<ul style="list-style-type: none"> • Caídas en huecos • Proyección de fragmentos / pintura • Inhalación de disolventes 	<ul style="list-style-type: none"> • Andamio tubular con rodapié • Corte en vía húmeda y a sotavento • Ventilación natural o extractores durante barnices 	Casco, botas, guantes, gafas, mascarilla A2/P3, arnés donde corresponda
10. Maquinaria fija y herramientas eléctricas	<ul style="list-style-type: none"> • Cortes con disco • Proyección de partículas • Contacto eléctrico • Ruido y vibración 	<ul style="list-style-type: none"> • Resguardos intactos • Cuadro diferencial 30 mA IP-67 • Cableado elevado o protegido • Checklist diaria • Rotación de tareas 	Gafas/pantalla, guantes dieléctricos (si procede), tapones/orejeras, guantes antivibración
11. Medios de elevación (grúas, carretillas, PEMP)	<ul style="list-style-type: none"> • Caída de persona/carga • Rotura de cable/eslinga • Sobre-carga y vuelco • Contacto eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitador de carga y cuadro de cargas en cabina • Estabilizadores al 100 % y suelo firme • Balizar radio de giro • Operadores acreditados UNE 58923 	Arnés en PEMP, casco, botas, chaleco reflectante



<p>12. Andamios, plataformas, escaleras</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Caída de operario • Vuelco de andamio móvil • Caída de objetos 	<ul style="list-style-type: none"> • Andamio UNE EN 12810/11 nivelado y anclado • Barandilla + rodapié • Escalera con zapata antideslizante y amarre • Prohibido mover andamio con personal encima 	<p>Arnés doble cabo (> 2 m), casco, calzado antideslizante, guantes</p>
<p>13. Soldadura eléctrica / oxicorte</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Incendio / explosión • Quemaduras y radiación UV-IR • Humos metálicos tóxicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Botellas verticales, encadenadas y con tapón • Manta ignífuga + extintor CO₂ • Extractor local ≥ 1 000 m³/h • Pinza de masa próxima al cordón 	<p>Pantalla DIN 11-13, guantes y manguitos cuero, ropa ignífuga ARC CAT 2, mascarilla FFP3</p>

6. Prevención de accidentes

- La prevención se integra en la planificación de todas las fases de obra.
- Los riesgos se evalúan antes de empezar y se revisan cuando aparecen trabajos nuevos o cambian las condiciones.
- Se evita la simultaneidad de tareas incompatibles (p. ej. soldadura y pintado en la misma zona).
El Coordinador o Recurso Preventivo hace inspecciones periódicas para comprobar medidas y detectar riesgos emergentes.
- Objetivo: cero accidentes mediante mejora continua del Plan de Seguridad.

6.1. Responsabilidades en materia de seguridad

En la obra se establecerá claramente la responsabilidad de cada agente en materia de prevención, conforme al RD 1627/1997 y la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales:

- Coordinador de Seguridad y Salud: Designado por el promotor, el responsable de coordinar la aplicación de los principios preventivos durante la ejecución de la obra, visitas y reuniones de coordinación, y conflictos en esta materia. Tiene autoridad para emitir instrucciones vinculantes y paralizar trabajos riesgos graves e inminentes (arts. 14 y 21 de la Ley PRL).
- Contratista principal: Designará un Recurso Preventivo para supervisar in situ los trabajos peligrosos (altura, soldadura, etc.), conforme al art. 32 bis de la Ley PRL. „puede ser el encargado de obra si posee formación en prevención. Además, nombrará a un responsable



de obra con formación en PRL encargado de la gestión diaria de la seguridad: impartirá charlas informativas, verificará el uso de EPIs y la correcta disposición de las protecciones colectivas, y coordinará con el Coordinador de Seguridad.

- Trabajadores: Deben cumplir normas e instrucciones de seguridad, utilizar correctamente los equipos de protección, y comunicar cualquier riesgo o incidente. Se fomentará su implicación activa en prevención, conforme al art. 19 de la Ley PRL.
- Empresas subcontratadas y autónomos: En caso de participación, cumplir con las mismas medidas de seguridad bajo los principios de coordinación empresarial establecidos en el RD 171/2004. No podrán iniciar trabajos sin acreditar alta en la Seguridad Social, formación preventiva y reconocimientos médicos, lo cual se controlará mediante la documentación de apertura del centro de trabajo y el libro de subcontratación.
- En conjunto, la responsabilidad preventiva se reparte entre promotor, dirección facultativa, contratistas y trabajadores, con estructura jerárquica clara para garantizar la seguridad en todos los niveles de la obra.

6.2 Selección y entrenamiento del personal



Norma	Ámbito y artículos clave	Exigencias
Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales	Art. 19 «Formación de los trabajadores»	El empresario debe garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, centrada específicamente en su puesto y actualizada cuando cambien las funciones o la tecnología.
RD 39/1997, Reglamento de los Servicios de Prevención	Art. 18 y Anexo I	Define los contenidos mínimos de la “formación inicial” en prevención (30 h para nivel básico, 50 h para el coordinador básico de obra).
RD 1627/1997, disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción	Art. 10 y Anexo IV (punto 2)	Obliga a que todo trabajador que acceda a obra reciba “información y formación específica” sobre los riesgos del centro y las medidas preventivas.
Convenio General del Sector de la Construcción (vigente)	Libro II, Título III (Formación)	Establece la Tarjeta Profesional de la Construcción (TPC) y detalla los cursos de Segundo Ciclo (6 h presencial + 14 h específicas por oficio). Sin TPC, el trabajador no puede ser asignado a obra.
RD 1109/2007 (regula la TPC)	Art. 4 y 12	Fija los requisitos para expedir la tarjeta y reconoce la formación impartida por la Fundación Laboral de la Construcción.
Normas UNE-EN de referencia	UNE-EN 365 (EPIs anticaídas), UNE-EN 361 (arneses), UNE-EN 388 (guantes anticorte), etc.	Obligan a que todo EPI suministrado lleve marcado CE y manual de uso; los trabajadores deben estar formados en su colocación y mantenimiento.
RD 1215/1997, disposiciones mínimas de equipos de trabajo	Art. 5	Impone que la empresa imparta instrucciones adecuadas antes de que un operario utilice maquinaria o herramienta, incluidas carretillas, PEMP y máquinas de corte.
RD 614/2001, riesgos eléctricos	Art. 7	Exige certificación de Personal Autorizado o Cualificado para trabajos en BT/MT, más formación específica si hay riesgo eléctrico.
Norma UNE 58451:2016 (carretillas elevadoras) y UNE 58923:2020 (grúas móviles)	—	Determinan la duración, contenidos y evaluación de los cursos para obtener el carné de operador.



Formación mínima obligatoria

- Todos los operarios deberán acreditar la formación preventiva de 20 h (nivel básico) o el segundo ciclo específico de su oficio, requisito para la Tarjeta Profesional de la Construcción (TPC).
- Oficios de especial riesgo (electricidad, trabajos en altura, carretilla, PEMP, soldadura, etc.) deberán aportar el carné o curso específico correspondiente.

Inducción inicial de seguridad

- Reunión de bienvenida antes de iniciar la obra: riesgos generales y particulares, EPIs exigidos, uso de dispositivos de seguridad, plan de emergencia, ubicación de botiquín y extintores.
- Entrega de procedimientos seguros por escrito; firma de recepción y comprensión.

Formación continua en obra

- “Toolbox talks” de 5 min a inicio de semana o antes de tareas críticas (izado, espacios confinados, etc.).
- Inducción individual inmediata para cualquier trabajador que se incorpore más tarde.

Supervisión y autoridad para detener trabajos

- Polivalencia segura bajo guía de un encargado.
- Cualquier operario puede aplicar el principio de “Stop Work” si detecta una condición insegura o carece de capacitación.

6.3 Asistencia sanitaria en obra

1. Botiquín obligatorio

- Dotación mínima según RD 486/1997 Anexo VI (gasas, vendas, desinfectante, manta térmica, mascarilla RCP, etc.).
- Ubicación señalizada y revisiones periódicas para reponer material.

2. Protocolo de actuación ante accidente

Avisar de inmediato al encargado/recurso preventivo.

Prestar primeros auxilios básicos sin agravar lesiones.

Llamar al 112 o trasladar al centro médico/mutua si procede.

Registrar el suceso y notificarlo a la mutua y, si es grave, a la Autoridad Laboral.

3. Personal formado

- Al menos un trabajador con curso de primeros auxilios disponible en cada turno.
- Formación básica inicial sobre RCP, hemorragias y quemaduras si fuera necesario.

4. Centros asistenciales de referencia

- Datos del centro de salud/hospital y mutua más próximos visibles en el panel de obra.

Cumple el artículo 20 de la Ley 31/1995 (plan de emergencias y primeros auxilios).



6.4 Notificación e investigación de accidentes

Todo incidente o accidente, independientemente de su gravedad, deberá ser comunicado y documentado conforme al procedimiento establecido. Esta práctica no solo responde a exigencias legales, sino que constituye una herramienta fundamental para la mejora continua en prevención. Se seguirán los siguientes pasos:

- Notificación inmediata: accidente o incidente deberá ser comunicado sin demora al Coordinador de Seguridad y Salud, directamente o a través del encargado de obra.
- Anotación en el Libro de Incidencias: El Coordinador registrará el hecho en el Libro de Incidencias, conforme al RD 1627/1997, describiendo el suceso, las posibles causas y las medidas adoptadas. En accidente grave, muy grave o mortal, se notificará a la Inspección de Trabajo en plazo máximo de 24 horas.
- Parte oficial a la autoridad laboral: Si hay baja médica, se emitirá el parte oficial a través del sistema Delt@, en plazos establecidos (habitualmente 5 días hábiles, o de forma inmediata si es grave o mortal), remitiéndolo también a la mutua correspondiente.
- Investigación de causas : Se analizarán las causas del accidente mediante entrevistas, revisión de condiciones de trabajo y propuesta de medidas correctoras. La actividad afectada no reanuda hasta aplicar las soluciones.
- Accidentes graves o muy graves : De acuerdo con el artículo 23 de la Ley 31/1995, se interrumpirá inmediata la actividad relacionada, se comunicará a la Autoridad Laboral y se colaborará en la investigación oficial. Se informará también al Comité de Seguridad, si existiera.
- Cultura preventiva activa: Se adoptará una política de transparencia y aprendizaje continuo. los trabajadores serán informados de resultados de las investigaciones para reforzar la concienciación colectiva y prevenir la repetición de hechos similares.
-

7. Legislación y normativa aplicable

La ejecución del presente proyecto y las medidas de seguridad y salud descritas se enmarcan dentro del cumplimiento de la normativa vigente en prevención de riesgos laborales y construcción. A continuación se listan las disposiciones legales principales aplicables:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales: Ley básica que establece los derechos y deberes en materia de seguridad y salud laboral. Destaca el artículo 15 (principios de la acción preventiva), art. 19 (formación de trabajadores), art. 20 (medidas de emergencia) y art. 21 (riesgo grave e inminente), entre otros. Es de aplicación general a toda obra.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre: por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. Esta es la normativa específica de construcción, que exige la elaboración de estudios básicos de seguridad y salud, la designación de coordinador, el plan de seguridad del contratista, y detalla obligaciones como la instalación de servicios higiénicos (Anexo IV), protecciones colectivas (art. 13), uso de equipos de trabajo (art. 17) y libro de incidencias, etc. Todo lo planificado en este EESS sigue los preceptos de este RD.



- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril: relativo a las señalizaciones de seguridad y salud en el trabajo. Aplica a la señalización temporal de obra: colores, formas, pictogramas, señalización de emergencia (salidas, extintores) y obligación de señalar riesgos.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril: por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. Aunque la obra es temporal, muchos de sus anexos sirven de referencia: condiciones de orden y limpieza, instalaciones de primeros auxilios (Anexo VI, botiquín), servicios higiénicos (Anexo V), iluminación mínima (Anexo II), ventilación, temperatura, etc. También aplicará una vez el taller esté en funcionamiento.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio: sobre la utilización de equipos de trabajo. Obliga a la empresa a proporcionar equipos seguros y a los trabajadores a usarlos correctamente. Es relevante para las herramientas, máquinas, andamios, etc. Requiere inspecciones periódicas de algunos equipos, instrucciones de uso, formación, etc.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo: relativo a los equipos de protección individual (EPIs). Establece las obligaciones de suministro de EPIs adecuados por parte del empresario, así como su uso efectivo por parte del trabajador. También exige que los EPIs estén certificados (marcado CE, adecuación al riesgo, ergonomía).
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio: sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud frente al riesgo eléctrico. Aplica a los trabajos eléctricos en la obra (instalación provisional, trabajos en tensión si los hubiera, etc.), estableciendo medidas como trabajar sin tensión, distancia de seguridad, formación eléctrica, equipos de protección para electricistas, etc.
- Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo: Reglamento de instalaciones de protección contra incendios. Es relevante en cuanto a las exigencias para los extintores que instalamos en obra (mantenimiento, revisiones, características) y su señalización, aunque la obra no es una instalación fija, sirve de guía.
- RD 39/1997, de 17 de enero: Reglamento de los Servicios de Prevención. Aplica a la empresa contratista en cuanto a la organización de la prevención (si tiene SPA o SPP), la investigación de accidentes, etc.
- Convenio General del Sector de la Construcción (última edición vigente): que introduce, entre otros, las obligaciones de formación por oficios (Tarjeta TPC) y otras mejoras en seguridad propias del sector construcción.
- Normativa técnica específica aplicable: Por ejemplo, las NTP (Notas Técnicas de Prevención) del INSST que sirven como guías no obligatorias pero recomendables en diversos aspectos (montaje de andamios, manipulación manual de cargas, etc.), la ITC BT-33 del REBT (instalaciones temporales de obras), y las normas UNE que afecten a equipos específicos (p. ej., UNE-EN 12811 de andamios de fachada, UNE de cascos, etc.). Aunque no son leyes, complementan la aplicación de las mismas.



8. Pliego de condiciones de seguridad y salud

Se recogen las condiciones específicas en materia de seguridad y salud a cumplir por el contratista y demás intervinientes durante la ejecución de los trabajos. Estas disposiciones complementan la memoria del Estudio Básico y adquieren carácter contractual. El incumplimiento podrá conllevar la paralización de la obra o de las sanciones que determine la normativa vigente. A continuación, se enumeran las principales condiciones:

- **Carácter contractual :** El contratista obligado a ejecutar la obra conforme a las disposiciones preventivas. De acuerdo con el artículo 7 del RD 1627/1997, el documento se considera parte integrante del contrato de obra, y su aceptación por el contratista implica su cumplimiento en totalidad. Ningún motivo relacionado con los plazos, costes o organización podrá justificar el incumplimiento de medidas.
- **Plan de Seguridad y Salud:** Antes del inicio de los trabajos, el contratista redactará un Plan de Seguridad y Salud que desarrolle y adapte las medidas del Estudio a su sistema de ejecución. Este plan incluirá la evaluación de riesgos de actividad, los equipos y medios preventivos a emplear, procedimientos seguros, etc. El Coordinador de Seguridad y Salud deberá validar este documento antes del inicio de los trabajos. Los subcontratistas y autónomos se adherirán al mismo mediante firma expresa.
- **Medios humanos y materiales:** El contratista garantizará la disponibilidad de recursos necesarios para una ejecución segura. Esto implica la presencia de Recursos Preventivos cualificados durante las tareas de especial peligrosidad, la dotación de EPIs (arneses, cascos, guantes, etc.), y la correcta instalación y mantenimiento de protecciones colectivas (barandillas, redes, extintores, señalización). Cualquier deficiencia detectada deberá subsanarse inmediatamente, pudiendo paralizarse los trabajos hasta su resolución.
- **Obligaciones normativas:** El contratista velará por el estricto cumplimiento de la legislación vigente en prevención, especialmente en lo relativo a la apertura del centro de trabajo ante la autoridad laboral y a la tenencia de toda la documentación preventiva actualizada: plan aprobado, evaluaciones de riesgo, formación e información de los trabajadores, certificados médicos de aptitud, etc., será responsable de gestionar los permisos necesarios cuando la actividad afecte al entorno público (por ejemplo, cortes de tráfico o trabajos fuera de horario).
- **Coordinación con otras empresas:** Si intervienen varias empresas o trabajadores autónomos, el contratista principal deberá cumplir con lo establecido en el RD 171/2004 sobre coordinación de actividades empresariales. Deberá recopilar y verificar la documentación preventiva de las empresas concurrentes, garantizar su conocimiento del Plan de Seguridad, informar de los riesgos existentes y coordinar las actuaciones preventivas. Ninguna empresa subcontratada podrá iniciar su actividad sin autorización del contratista y validación del coordinador.
- **Gestión del Libro de Incidencias:** La obra contará con un Libro de Incidencias de Seguridad y Salud, gestionado por el Coordinador. En él se reflejarán por escrito las observaciones, advertencias o incumplimientos detectados. El contratista deberá responder formalmente con las medidas adoptadas. En caso de riesgo grave o reiteración de incumplimientos, el



Coordinador podrá la suspensión inmediata de los trabajos afectados, previa comunicación a la Dirección Facultativa. La reanudación se condicionará a la subsanación efectiva de los problemas detectados.

- Responsabilidad en caso de accidente: El contratista asume la responsabilidad en materia de prevención respecto a sus trabajadores y terceros. En caso de accidente laboral, deberá realizar las comunicaciones obligatorias e investigar internamente las causas. Si el incidente se relaciona con el incumplimiento de medidas contempladas en el Estudio o en el Plan de Seguridad, podrá derivarse en sanciones administrativas, responsabilidades civiles o incluso penales. Asimismo, será responsable de los daños que sus trabajadores puedan causar a terceros. Se recomienda disponer de seguros adecuados de responsabilidad civil y accidentes.
- Dotación presupuestaria específica: El contratista destinará los recursos económicos necesarios para la aplicación efectiva de las medidas de prevención. En el presupuesto del proyecto se ha contemplado una partida específica para seguridad y salud. Esta cantidad no podrá ser utilizada para otros fines, ni minorada para justificar ofertas económicas a la baja. Si surgen nuevas necesidades preventivas durante la ejecución, deberán ser cubiertas igualmente, considerándose parte inherente al coste de obra.
- Reuniones de coordinación: Durante la ejecución se celebrarán reuniones periódicas de seguridad, con la frecuencia adecuada (quincenal, mensual o según hitos de obra). A estas reuniones, convocadas por el Coordinador, asistirán representantes del contratista y de los trabajadores. Se revisarán los avances, incidencias y planificación preventiva. Se levantarán actas de cada reunión, cuyas conclusiones serán de aplicación obligatoria.
- Paralización por riesgo grave: En aplicación del artículo 21 de la Ley PRL, se reconoce el derecho del Coordinador y de cualquier trabajador a interrumpir su actividad si detectan un riesgo grave e inminente para su salud o la de terceros. El contratista no podrá tomar represalias por ello y deberá colaborar en la evaluación de la situación hasta su resolución.
- Medidas de protección a terceros y entorno: Aunque no estrictamente PRL, el contratista deberá tomar precauciones para evitar daños a propiedades vecinas, al medio ambiente o a personas ajenas. Se incluyen la correcta gestión de residuos, el respeto a las ordenanzas municipales en materia de ruidos, la obtención de autorizaciones para ocupar la vía pública y el comportamiento diligente de todo el personal de obra.
- Modificaciones durante la ejecución: Cualquier cambio que afecte a las condiciones de seguridad (procedimientos, medios auxiliares, orden de trabajos) deberá ser comunicado al Coordinador. Éste evaluará la necesidad de modificar el Estudio o el Plan de Seguridad. Ningún cambio podrá implantarse sin su validación expresa.

En Málaga, a 14 de Junio de 2025

Fdo: El Promotor

Fdo: EL INGENIERO

VALENZUELA
RUIZ CARMEN
MARIA -
76739213N

Firmado digitalmente
por VALENZUELA RUIZ
CARMEN MARIA -
76739213N
Fecha: 2025.06.15
05:24:44 +02'00'



PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN



(Esta hoja se ha dejado en blanco intencionadamente)



1. Consideraciones

El fin con el que se efectúa el anejo es la gestión de los residuos de construcción y demolición en el caso de la ejecución de “SUBESTACIÓN ANILLOS Y CTS.”.

2. Justificación y documentación de referencia

Como establece, el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, en su art 4, el estudio debe de contener:

- Una previsión de los residuos que se generarán durante los trabajos.
- Medidas orientadas a minimizar su generación en origen.
- Propuestas para su reutilización, valorización o eliminación.
- Sistemas previstos para la separación selectiva en obra.
- Distribución en plano de las zonas habilitadas para el acopio y tratamiento de residuos.
- Criterios técnicos aplicables al manejo, clasificación y tratamiento de residuos en el ámbito de la obra.
- Estimación económica del coste de gestión, integrada en el presupuesto general del proyecto.

Con un fundamento normativo:

Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos y por la que se derogan ciertas directivas (sustituye y unifica a las 75/442/CEE y 91/156/CEE). Directiva 1999/31/CE, de 26 de abril, relativa al vertido de residuos. Decisión 2000/532/CE, de 3 de mayo, por la que se aprueba la Lista Europea de Residuos (LER), actualizada conforme a la clasificación de residuos peligrosos.

Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular (sustituye a la Ley 10/1998). Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición. □ Real Decreto 553/2020, por el que se regula el traslado de residuos en el interior del territorio del Estado.

Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental (GICA). Decreto 73/2012, por el que se aprueba el Plan Director Territorial de Residuos no Peligrosos de Andalucía. Decreto 99/2004, por el que se revisa el Plan de Gestión de Residuos Peligrosos de Andalucía (vigente hasta nueva aprobación).

3. Listado europeo residuos e identificación

Se entiende por residuo cualquier material o elemento que figure en alguna de las categorías contempladas en la Lista Europea de Residuos (LER) y del cual su titular se deshaga, pretenda



deshacerse o esté legalmente obligado a hacerlo. Esta clasificación está regulada en la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, que establece tanto las operaciones de tratamiento (valorización y eliminación) como la relación codificada de residuos en el ámbito europeo. En dicha orden, y su correspondiente corrección de errores publicada en el *BOE nº 43 de 19 de febrero de 2002*, se identifican los residuos procedentes de actividades de construcción y demolición, incluyendo también las tierras extraídas de zonas contaminadas.

1. Asfalto		
Mezclas bituminosas distintas a las del código 17 03 01	17 03 02	X
2. Madera		
Madera	17 02 01	X
3. Metales (incluidos sus aleaciones)		
Cobre, bronce, latón	17 04 01	
Aluminio	17 04 02	
Plomo	17 04 03	
Zinc	17 04 04	
Hierro y acero	17 04 05	X
Estaño	17 04 06	
Metales mezclados	17 04 07	
Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10	17 04 11	
4. Papel		
Papel	20 01 01	X
5. Plástico		
Plástico	17 02 03	X
6. Vidrio		
Vidrio	17 02 02	X
7. Yeso		
Materiales de construcción a partir de yeso distintos a los 17 08 01	17 08 02	X
RCD: Naturaleza pétreo		
1. Arena, grava y otros árido		
Residuos de grava y rocas trituradas distintas de los mencionado en el código 01 04 07	01 04 08	X
Residuos de arena y arcilla	01 04 09	X



2. Hormigón		
Hormigón	17 01 01	X
3. Ladrillos, azulejos y otros cerámicos		
Ladrillos	17 01 02	X
Tejas y materiales cerámicos	17 01 03	
Mezcla de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintos del código 17 01 06	17 01 07	
4. Piedra		
RCDs mezclados distintos de los códigos 17 09 01, 02 y 03	17 09 04	X
RCD: potencialmente peligrosos y otros		
1. Basuras		
Residuos biodegradables	20 02 01	X
Mezclas de residuos municipales	20 03 01	X
2. Potencialmente peligrosos y otros		
Mezcla de hormigón, tejas y materiales cerámicos con sustancias peligrosas	17 01 06	
Madera, vidrio o plástico con sustancias peligrosas o contaminadas por ellas	17 01 06	
Mezclas bituminosas que contienen alquitrán de hulla	17 03 01	
Alquitrán de hulla y productos alquitranados	17 03 03	
Residuos metálicos contaminados con sustancias peligrosas	17 04 09	
Cables que contienen hidrocarburos, alquitrán de hulla y otras SP's	17 04 10	
Materiales de aislamiento que contienen amianto	17 06 01	
Otros materiales de aislamiento que contienen sustancias peligrosas	17 06 03	
Materiales de construcción que contienen amianto	17 06 05	
Materiales de construcción a partir de yeso contaminados con SP's	17 08 01	
Residuos de construcción y demolición que contienen mercurio	17 09 01	
Residuos de construcción y demolición que contienen PCB's	17 09 02	
Otros residuos de construcción y demolición que contienen SP's	17 09 03	



Materiales de aislamiento distintos de los 17 06 01 y 17 06 03	17 06 04	
Tierras y piedras que contienen sustancias peligrosas	17 05 03	
Lodos de drenaje que contienen sustancias peligrosas	17 05 05	
Balasto de vías férreas que contienen sustancias peligrosas	17 05 07	
Absorbentes contaminados (trapos ...)	17 02 02	X
Aceites usados (minerales no clorados de motor ...)	17 02 05	
Filtros de aceite	16 01 07	
Tubos fluorescentes	20 01 21	
Pilas alcalinas y salinas	16 06 04	X
Pilas botón	16 06 03	X
Envases vacíos de metal contaminados	15 01 10	X
Envases vacíos de plástico contaminados	15 01 10	X
Sobrantes de pintura	08 01 11	X
Sobrantes de disolventes no halogenados	14 06 03	X
Sobrantes de desencofrantes	07 07 01	X
Aerosoles vacíos	15 01 11	
Baterías de plomo	16 06 01	
Hidrocarburos con agua	13 07 03	X
RCD _s mezclados distintos de los códigos 17 09 01, 02 y 03	17 09 04	X

TABLA 108 LISTADO LER

4. Categorías tipo residuos

- 1. Residuos municipales o asimilables a urbanos (RUS):

Son aquellos que no tienen características de peligro y su naturaleza es similar a los residuos domésticos, comerciales o de oficinas.

- 2. Residuos inertes:

Se trata de materiales sólidos o pastosos que no sufren transformaciones apenas al depositarse en vertedero, y que no son peligrosos como se establece en la legislación. Entre ellos, escombros, tierras, gravas o restos vegetales

- 3. Residuos peligrosos:

Son las sustancias o materiales nocivos a nivel de salud o el medio ambiente, aceites usados, disolventes, combustibles, baterías o envases contaminados. Son aquellos definidos como peligrosos por:

- El Real Decreto 952/1997 y la normativa que lo desarrolle.
- Las directivas comunitarias o convenios internacionales suscritos por España.
- La Lista Europea de Residuos (LER) incluida en el Anexo II de la Orden MAM/304/2002, donde se identifican con un asterisco (*).

5. Estimación de la cantidad

Se estimarán las cantidades de residuos inertes procedentes de los movimientos de tierras y los resultantes de los procesos previstos en la construcción. Se estima conforme categorías anteriores, en Toneladas y Metros Cúbicos (RD 105/2008).

	Volumen total (m ³)	Volumen que se reutiliza de excavación (m ³)	Volumen a vertedero autorizado (m ³)
Tierra procedente de la excavación	1.670	600	1.043,10
Asfalto	103	0,00	103
Hormigón	23	0,00	23
Ladrillo	7	0,00	7

TABLA 109 ESTIMACIÓN MOVIMIENTO TIERRAS

Para el resto de los residuos, se toma como referencia los valores con fines estadísticos del capítulo 4 del II Plan Nacional de RCDs 2007-2015.

Tipo de construcción	RCD producido por
Obras de edificios nuevos	120,0 Kg/m ²
Obras de rehabilitación	338,7 Kg/m ²
Obras de demolición total	1.129,0 Kg/m ²
Obras de demolición parcial	903,2 Kg/m ²

TABLA 110 VALORES ESTADÍSTICOS RCD

Analizada la información disponible se ha optado por utilizar el siguiente índice para establecer el volumen de RCD generados para el tipo de obra incluido en este proyecto:

I: t de RCD producido por m ² de construcción	Superficie construida m ²	T: t totales de residuos: (T= I x S)
0,10	50x60	300



Con un valor orientativo de 10 cm de altura de mezcla de residuos por m² construido con una densidad de 1,1 t/m³.

Superficie total construida (m ²)	3000
Toneladas de residuos (t)	300
Densidad media tipo	1,10
Volumen de residuos (m ³)	330

Siendo,

Evaluación teórica del peso por tipología de RCD	% en peso	Tn de cada tipo de RCD (T total x %
RCD: Naturaleza no pétreo		
1. Asfalto	0,05	15
2. Madera	0,04	12
3. Metales	0,025	7,5
4. Papel	0,003	0,9
5. Plástico	0,015	4,5
6. Vidrio	0,005	1,5
7. Yeso	0,002	0,6
RCD: Naturaleza pétreo		
1. Arena, grava y otros áridos	0,04	12
2. Hormigón	0,12	36
3. Ladrillos, azulejos y otros cerámicos	0,54	162
4. Piedra	0,05	15
RCD: Potencialmente peligrosos y otros		
1. Basura	0,07	21
2. Pot. Peligrosos y otros	0,04	12
Total estimación	0,11	300

TABLA 111 ESTIMACIÓN RESIDUOS

Donde cada tipo,



Evaluación teórica del peso por tipología de RCD	Tn de cada tipo de RCD	Densidad tipo (entre 1,5 y 0,5 t/m ³)	m ³ volumen de residuos
RCD: Naturaleza no pétreo			
1. Asfalto	15	1,1	16,5
2. Madera	12	1,1	13,2
3. Metales	7,5	1,1	8,25
4. Papel	0,9	1,1	0,99
5. Plástico	4,5	1,1	4,95
6. Vidrio	1,5	1,1	1,65
7. Yeso	0,6	1,1	0,66
RCD: Naturaleza pétreo			
1. Arena, grava y otros áridos	12	1,1	13,2
2. Hormigón	36	1,1	39,6
3. Ladrillos, azulejos y otros cerámicos	162	1,1	178,2
4. Piedra	15	1,1	16,5
RCD: Potencialmente peligrosos y otros			
1. Basura	21	1,1	23,1
2. Pot. Peligrosos y otros	12	1,1	13,2
Total estimación	300		330

6. Medidas prevención generación de residuos

Se establecen las siguientes pautas generales dentro del Plan de Gestión de RCD:

- Política ambiental activa: Implicación de operarios y subcontratas en buenas prácticas de gestión, bajo la supervisión de un técnico coordinado con el Jefe de Obra.
- Formación básica del personal: Capacitación sobre identificación, cuantificación, traslado y correcta separación de residuos.
- Control de materiales: Gestión eficiente de acopios e inventario para reducir pérdidas y generación de residuos innecesarios.
- Prevención y minimización: Ajuste en la planificación para evitar excedentes y residuos desde la fase de suministro.
- Valorización: Definición previa de las opciones de tratamiento: reutilización, reciclaje o valorización energética.



- Buenas prácticas operativas: Elaboración de instrucciones específicas adaptadas al tipo de obra.
- Gestores autorizados: Disponibilidad de directorio de recicladores y plantas cercanas.
- Optimización económica: Reducción de residuos = menor coste de transporte, almacenamiento y compra de nuevos materiales.
- Compromiso del proveedor: Retorno de embalajes incluido en los contratos de suministro.
- Zona de reaprovechamiento: Almacenaje temporal de excedentes útiles para su reutilización.
- Medidas preventivas: Tratamiento diferenciado de materiales específicos con riesgos asociados.

Material	Requerimientos especiales
Arena/grava	sobre superficie firme minimizar pérdidas por dispersión.
Tierras/rocas	Depositar en zona compactada
Yesos/cemento	Evitar humedad
Ladrillo/Bloques	Manipular con cuidado
Prefab hormigón	Conservar en su embalaje original
Madera	Proteger de la lluvia
Metales	Conservar en su embalaje original

TABLA 112 MEDIDAS PREVENTIVAS

7. Previsión operaciones de reutilización

Como establece la Orden MAM/304/2002, los materiales de excavaciones son residuos de construcción. No obstante, conforme al artículo 3 del RD 105/2008, las tierras y áridos no contaminados quedan excluidos del ámbito de aplicación de dicho Real Decreto cuando se reutilizan en la misma obra, en otra diferente o en tareas de relleno, restauración o acondicionamiento, siempre que se pueda justificar documentalmente su destino. Igual que los restos vegetales, serán triturados e incorporados a la tierra vegetal existente.

8. Previsión de operaciones de valoración “in situ”

No se contempla la realización de operaciones de valorización en obra, los residuos generados serán entregados a gestores autorizados, y se encargarán de su traslado a plantas de tratamiento o vertederos autorizados.



9. Destino previsto para los residuos

Los destinos y tratamientos, se han estimado de los referidos en el Plan Nacional integrado de Residuos 2007/2015.

*G.A: Gestor autorizado

Naturaleza no pétreo		Tratamiento	Destino
17 02 01	Madera	Reciclado	G.A
17 04 05	Hierro y acero	Reciclado	G.A
20 01 01	Papel	Reciclado	G.A
17 02 03	Plástico	Reciclado	G.A
17 02 02	Vidrio	Reciclado	G.A
17 08 02	Materiales de construcción a partir de yeso distintos a los del código 17 08 01	Reciclado	G.A
01 04 08	Residuos de grava y rocas trituradas distintas de los del código 01 04 07	Reciclado	Planta de reciclaje RCD
01 04 09	Residuos de arena y arcilla	Reciclado	Planta de reciclaje RCD
17 01 01	Hormigón	Reciclado	Planta de reciclaje RCD
17 01 02	Ladrillos	Reciclado	Planta de reciclaje RCD
17 09 04	RCDs mezclados distintos de los códigos 17 09 01, 02 y 03	Reciclado	
Potencialmente peligrosos y otros		Tratamiento	Destino
20 02 01	Residuos biodegradables	Reciclado/ Vertedero	Planta de reciclaje RSU
20 03 01	Mezclas de residuos municipales	Reciclado/ Vertedero	Planta de reciclaje RSU

PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA INTEMPERIE 66/20 kV Y
DISEÑO DE ANILLO DE M.T. PARA LA ALIMENTACIÓN DEL
POLÍGONO INDUSTRIAL ASEGRA



15 02 02	Absorbentes contaminados (trapos ...)	Reciclado/ Vertedero	G.A
17 02 05	Aceites usados (minerales no clorados de motor ...)	Depósito/ Tratamiento	G.A
16 01 07	Filtros de aceite	Depósito/ Tratamiento	G.A
20 01 21	Tubos fluorescentes	Depósito/ Tratamiento	G.A
16 06 04	Pilas alcalinas y salinas	Depósito/ Tratamiento	G.A
16 06 03	Pilas botón	Depósito/ Tratamiento	G.A
15 01 10	Envases vacíos de metal o plástico contaminado	Depósito/ Tratamiento	G.A
08 01 11	Sobrantes de pintura o barnices	Depósito/ Tratamiento	G.A
14 06 03	Sobrantes de disolventes no halogenados	Depósito/ Tratamiento	G.A
07 07 01	Sobrantes de desencofrantes	Depósito/ Tratamiento	G.A
15 01 11	Aerosoles vacíos	Reciclado/ Vertedero	G.A
16 06 01	Baterías de plomo	Depósito/ Tratamiento	G.A
13 07 03	Hidrocarburos con agua	Depósito/ Tratamiento	G.A
17 09 04	RCD _s mezclados distintos de los códigos 17 09 01, 02 y 03	Depósito/ Tratamiento	G.A

10. Gestores autorizados para actividades de gestión, valoración y eliminación de residuos

ACCESANI GR, S.L.

AMBAR ECO, S.L.

DETUGRA Multiservicios, S.L. (GDA)

AMBITECO

RECISUR (Reciclajes del Sur)

11. Medidas generales de segregación “in situ” previstas

Como establece el artículo 5.5 del RD 105/2008, los residuos de construcción y demolición se separarán en forma fraccionaria individualizada ,

Hormigón	80,00 Tn
Ladrillos, tejas, cerámicos	40,00 Tn
Metal	2,00 Tn
Madera	1,00 Tn
Vidrio	1,00 Tn
Plásticos	0,50 Tn
Papel y cartón	0,50 Tn

TABLA 113 FRACCIONES TONELADAS

Durante la obra, los residuos generados se almacenarán de forma temporal y separada en contenedores diferenciados. Los contenedores se seleccionarán según las características del residuo (tipo, volumen, peso y requisitos de aislamiento), y se recomienda su identificación visual mediante colores.

12. Gestión de residuos inertes

Se almacenarán en zonas habilitadas y, se intentará su reutilización. Los sobrantes se entregarán a vertederos autorizados.

Se aplicarán las siguientes normas básicas:

- Agrupar los residuos por fracciones y evitar su mezcla.
- Utilizar contenedores apropiados , preferiblemente tipo volquete.
- No reutilizar residuos contaminados, se gestionarán como peligrosos.
- Manipular de materiales con cuidado para evitar roturas.
- Llevar registro documental de volumen total generado, diferenciando lo reutilizado, reciclado, valorizado y lo enviado a vertedero.

Gestión de residuos urbanos

- Se separarán utilizando contenedores diferenciados por color, según el tipo de residuo:
 - Azul: papel y cartón.
 - Amarillo: plásticos y latas.
 - Verde: vidrio.
 - Gris: resto de residuos urbanos no reciclables.



La retirada se realizará de forma periódica mediante una empresa gestora autorizada por la Junta de Andalucía, conservando la documentación de la gestión realizada o transporte propio o entrega a los servicios municipales.

13. Gestión de residuos peligrosos

Son aquellos que figuran en la lista aprobada por el Real Decreto 952/1997, así como los recipientes y envases que los hayan contenido. Los que hayan sido calificados como peligrosos por la normativa comunitaria y los que pueda aprobar el Gobierno de conformidad con lo establecido en la normativa europea o en convenios internacionales de los que España sea parte.

En materia de residuos peligroso se deberá cumplirá con lo establecido en la legislación:

- Ley 10/1998 de 21 de abril, de Residuos, y en los RD 833/1988 de 20 de julio y 952/1997 de 20 de junio en los que se desarrollan las normas básicas sobre los aspectos referidos a las obligaciones de los productores y gestores y operaciones de gestión.
- Real Decreto 679/2006, de 2 de junio, por el que se regula la gestión de los aceites industriales.
- Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por el que se publican las operaciones de valoración y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.

Los residuos de este tipo que encontraremos en esta obra serán principalmente:

- Residuos peligrosos procedentes de la maquinaria de obra, aceites, baterías usadas, filtros, etc
- Residuos de pintura y limpieza: restos de pintura, envases, trapos y papeles impregnados con sustancias peligrosas
- Restos de Soldaduras
- Sobrantes de sustancias caracterizadas como peligrosas en general

14. Manejo de los Residuos Peligrosos en la obra

Con lo dispuesto en los artículos 13 y 14 del RD 833/1988, los recipientes utilizados para residuos peligrosos deben cumplir como mínimo:

- Código del residuo según la normativa vigente (LER).
- Fecha de envasado.
- Datos de la obra (nombre, dirección y teléfono).
- Indicación de los riesgos mediante el pictograma correspondiente.



Los envases deberán ser estancos, su tiempo máximo de almacenamiento no podrá superar los seis meses, salvo autorización expresa de la C.A.

Además, se deben de separar incompatibles. Evitar el almacenamiento conjunto de combustibles con comburentes. Los productos no inflamables pueden ser la separación entre los incompatibles.

15. Obligaciones del contratista

Las obligaciones del Productor de Residuos Peligrosos según RD 833/1988 y Ley 10/1998:

- Registro de información de residuos generados; métodos y lugares de tratamiento, fechas de generación y cesión.
- Documentación obligatoria:
 - Documentos de aceptación de los residuos por parte de las instalaciones de tratamiento o eliminación (art. 34 del RD 833/1988), que deberán conservarse durante un periodo no inferior a cinco años.
 - Documentos de control y seguimiento de los residuos, desde su origen hasta el destino final (art. 35 del RD 833/1988), también conservados durante al menos cinco años.
- El registro deberá incluir:
 - A. Origen del residuo .
 - B. Cantidad, naturaleza y código de identificación del residuo según el Anexo I del RD 833/1988.
 - C. Fecha de cesión del residuo.
 - D. Fecha y descripción de los pretratamientos.
 - E. Fechas de inicio y final del almacenamiento temporal.
 - F. Fecha y número de la partida.
 - G. Descripción del de tratamiento o eliminación.
 - H. Frecuencia de recogida y medio de transporte.
- Deberá contar de un compromiso documental de aceptación por parte del gestor. Con:
 - Identificación del residuo (según Anexo I del RD 833/1988).
 - Propiedades físico-químicas, composición, volumen y peso.
 - Plazo previsto su recogida.
- El productor será responsable de la veracidad de los datos. Si se detecta falseamiento, deberá hacerse cargo de los costes del transporte de retorno.
- Cumplimentar los documentos de control y seguimiento conforme al art. 35 del RD 833/1988.
- Comunicar de forma inmediata a la Junta de Andalucía cualquier desaparición, pérdida o fuga de residuos peligrosos.



- No entregar residuos a transportistas no autorizados.

Conforme lo establecido en el artículo 21 de la Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos:

- Separar correctamente los residuos peligrosos.
- Envasar y etiquetar los recipientes reglamentariamente.
- Mantener un registro actualizado de los residuos peligrosos.
- Proporcionar a los gestores autorizados toda la información.
- Realizará un informe para el órgano competente de la Junta de Andalucía, indicando la cantidad, naturaleza y destino de los residuos peligrosos.
- Informar de inmediato cualquier pérdida.

16. Gestión de aceites industriales usados

Según el RD 679/2006, de 2 de junio, los aceites industriales usados generados durante las labores de mantenimiento de máquinas, son residuos tóxicos y peligrosos.

Obligaciones del productor respecto al almacenamiento y tratamiento (Art. 5):

1. Almacenamiento adecuado, evitando mezclas.
2. Instalaciones acondicionadas, accesibles para recogidas,
3. Evitar que los depósitos contaminen.

Queda prohibido:

- Verter aceites usados.

Opciones de gestión permitidas:

- Realizar el cambio en centros autorizados.
- Realizar el cambio en obra y entregar el residuo a un gestor autorizado.
- Efectuar el transporte propio.
- Gestionar todo el proceso con autorización integral del contratista.

En caso de vertido accidental,

- Retirar inmediatamente el aceite y las tierras contaminadas.
- Almacenarlos y eliminarlos.
- Comunicar de forma inmediata cualquier pérdida, desaparición o fuga de residuos peligrosos al órgano competente de la Comunidad Autónoma de Andalucía.

Tras la retirada, se establecerá un procedimiento de verificación ambiental para asegurar que no persiste una contaminación con el uso del suelo, con las medidas correctoras necesarias para reducir los niveles a admisibles.



Málaga, JUNIO de 2025

AUTORES DEL ESTUDIO

EL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL

VALENZUELA RUIZ CARMEN MARIA - 76739213N
Firmado digitalmente
por VALENZUELA RUIZ
CARMEN MARIA -
76739213N
Fecha: 2025.06.15
05:24:44 +02'00'



(Esta hoja se ha dejado en blanco intencionadamente)



PRESUPUESTO



(Esta hoja se ha dejado en blanco intencionadamente)



ÍNDICE

01. Edificio y Obra Civil SET
02. Equipos Principales y Conductores SET
03. Servicios Auxiliares SET
04. Red de Tierra SET
05. Sistemas de Control y Protección SET
06. Anillos de Distribución
07. Obra Civil CT
08. Equipo MT
09. Transformador
10. Equipo BT
11. Red Tierras
12. Varios CT
13. Gestión de Residuos
14. Seguridad y Salud



(Esta hoja se ha dejado en blanco intencionadamente)



MEDICIONES Y PRESUPUESTO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 01 EDIFICIO Y OBRA CIVIL SET									
1.1	m3 Excavación en zanjas y cimentaciones. Excavación mecánica en cimentaciones y zanjas con profundidad media de 1,20 m, en terreno de consistencia media, incluyendo carga sobre camión, transporte de material sobrante a vertedero autorizado (distancia < 20 km), regularización manual del fondo si procede, medios auxiliares, señalización, medidas de seguridad y gestión de residuos conforme a la normativa vigente. No incluye apuntalamientos ni rellenos posteriores.						31,00	12,00	372,00
1.2	m2 Explanación y compactación con medios mecánicos. Espesor 30 cm Explanación, nivelación y compactación del terreno natural con medios mecánicos, hasta una profundidad de 30 cm, para la preparación de la superficie de apoyo, incluyendo humectación, pases necesarios de compactación y control de densidades, conforme a las especificaciones del proyecto y normativa vigente. Se incluyen medios auxiliares, señalización y medidas de seguridad.						3.000,00	10,00	30.000,00
1.3	m3 Relleno y extendido de zahorra artificial ZA-25 compactada (base) Suministro, extendido, nivelación y compactación con medios mecánicos de zahorra artificial tipo ZA-25 en capa de 25-30 cm, como base de viales o apoyo de cimentaciones, hasta alcanzar la densidad especificada en proyecto. Incluye riego, pases de compactación, perfilado final, medios auxiliares, control de calidad y medidas de seguridad según normativa vigente.						35,00	16,00	560,00
1.4	m2 Losa de firme rígido interior: HA-200 de 15 cm sobre zahorra. Ejecución de losa de firme interior de hormigón en masa HA-200, de 15 cm de espesor, vertida in situ sobre capa de zahorra artificial ZA-25 previamente extendida y compactada, conforme a las recomendaciones de la guía SYZH01 (apartado 7.1.3). Incluye suministro de hormigón, vertido, nivelación, vibrado, curado, juntas de retracción, medios auxiliares y control de calidad según normativa vigente.						250,00	33,00	8.250,00
1.5	m Cerramiento perimetral 2,5 m de altura (incluye puerta de acceso) Ejecución de cerramiento perimetral de 2,5 m de altura, formado por paneles metálicos electrosoldados galvanizados y plastificados, instalados sobre postes anclados a zócalo de hormigón. Incluye puerta metálica abatible o corredera de acceso peatonal o vehicular, según plano, con herrajes, cerradura, sistema de fijación, medios auxiliares, excavación puntual para cimentación, y trabajos de replanteo, montaje y acabado, conforme a normativa de seguridad y accesibilidad vigente.						220,00	90,00	19.800,00
1.6	ud Cimentaciones Ejecución de cimentaciones tipo C1-C8 según planos de detalle, compuestas por excavación, hormigón de limpieza, colocación y nivelación de armaduras, encofrado, vertido de hormigón estructural, vibrado, curado y desencofrado. Incluye suministro de materiales, replanteo, medios auxiliares, y formación de reservas, pernos u otros elementos insertados conforme a proyecto. Se ejecutarán conforme a especificaciones técnicas y recomendaciones estructurales vigentes.						10,00	70,00	700,00
1.7	ud Pórticos metálicos HEB 300 Suministro y montaje de pórticos metálicos formados por perfiles laminados HEB 300 de acero estructural galvanizado en caliente, incluyendo pilares verticales y travesaños atornillados o soldados según diseño. La partida comprende fabricación, tratamiento anticorrosión, perforaciones, placas de anclaje, tornillería, izado, nivelación, alineación y fijación sobre cimentación preparada, así como medios auxiliares, equipos de elevación, y cumplimiento de la normativa vigente de estructuras metálicas.						2,00	1.400,00	2.800,00
1.8	ud Soportes IMEEXSA BB-2 Suministro y montaje de soportes metálicos tipo BB-2 de la marca IMEEXSA, fabricados en acero galvanizado en caliente, para sustentación de embarrado en subestaciones. Incluye estructuras base, ménsulas, herrajes, elementos de fijación, replanteo, nivelación, anclaje sobre cimentación, y medios auxiliares necesarios para su correcta instalación, conforme a especificaciones del fabricante y normativa aplicable.								



MEDICIONES Y PRESUPUESTO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
							35,00	400,00	14.000,00
1.9	<p>ud Soportes de embarrado (HEB 240/200)</p> <p>Suministro y montaje de soportes metálicos para embarrado, ejecutados con perfiles laminados tipo HEB 240 y HEB 200 según ubicación y esfuerzo, fabricados en acero estructural galvanizado en caliente. Incluye corte, perforado, herrajes, placas de anclaje, fijación sobre cimentación, nivelación, alineación, y todos los medios auxiliares necesarios para su correcta instalación, conforme a planos de detalle, recomendaciones estructurales y normativa vigente.</p>						10,00	600,00	6.000,00
1.10	ud Bancada para transformador de potencia						1,00	15.000,00	15.000,00
1.12	<p>ud Acabado de parque y urbanización</p> <p>Acabado superficial del parque mediante extendido de capa de gravilla machacada de 10 cm de espesor, sobre superficie previamente nivelada y compactada. Incluye suministro del árido (granulometría adecuada), reparto uniforme, nivelación, compactación ligera, medios auxiliares y limpieza final, garantizando la permeabilidad y estabilidad de la superficie conforme a especificaciones del proyecto y normativa vigente.</p>						1,00	40,00	40,00
TOTAL CAPÍTULO 01 EDIFICIO Y OBRA CIVIL SET.....									97.522,00



MEDICIONES Y PRESUPUESTO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 02 EQUIPOS PRINCIPALES Y CONDUCTORES SET									
SUBCAPÍTULO 02.01 Posiciones Alta Tensión									
C11	<p>ud Transformador de potencia</p> <p>Suministro de transformador de potencia trifásico, 16 MVA, tensión 66/20 kV, frecuencia 50 Hz, sumergido en aceite dieléctrico, con cambiador de tomas bajo carga, conexión YNyn, y refrigeración ONAN/ONAF.</p> <p>Incluye únicamente el equipo principal con sus accesorios estándar (conservador de aceite, buchas, indicadores, armario de control, válvulas, etc.), conforme a norma IEC 60076.</p>						2,00	250.000,00	500.000,00
C12	<p>ud Autoválvulas 66 kV</p> <p>Suministro de pararrayo tipo ZS de óxidos metálicos sin centelleador, marca INAEL, para red de 66 kV, tensión máxima del sistema 72,5 kV, tensión de servicio continuo (Uc) 48 kV, tensión asignada (Ur) 60 kV, frecuencia nominal 50 Hz, y corriente nominal de descarga de 10 kA (onda 8/20 µs). El cuerpo aislante está fabricado en goma-silicona, e incluye contador de descargas individual incorporado</p>						12,00	621,00	7.452,00
C13	<p>ud Transformador de tensión</p> <p>Suministro de transformadores de tensión inductivos marca Artech, modelo UTE-72, tensión máxima de servicio 72,5 kV, tensión de ensayo 140 kV a frecuencia industrial y 325 kVp a impulso, relación de transformación 66/√3 / 0,11/√3 – 0,11/√3 kV, clase de precisión 0,5-3P, potencia térmica 2.500 VA, línea de fuga 1.825 mm, dimensiones 400x430 mm y altura 1.645 mm, peso 285 kg por unidad, con aislante en resina epoxi y accesorios incluidos, conforme a IEC 61869-3.</p>						8,00	3.523,00	28.184,00
C14	<p>ud Aislador tipo soporte</p> <p>Suministro de aislador de soporte de composite marca Poinso, referencia 32.072G.12.05, tensión máxima de servicio 72,5 kV, tensión soportada a frecuencia industrial (húmedo) 140 kV, tensión soportada al impulso (rayo seco) 325 kV, conforme a norma IEC 61952, con distancia de fuga mínima de 2.250 mm, distancia de arco de 665 mm, carga específica a flexión 6 kN, carga máxima de diseño 2,4 kN y peso unitario de 12,6 kg.</p>						55,00	60,00	3.300,00
C15	<p>ud Módulo híbrido Y1</p> <p>Suministro de módulo híbrido modelo Y1 HYpact de la casa GE Vernova para instalación en red de 66 kV, tensión nominal 72,5 kV, tensión soportada al impulso tipo rayo 325 kV, corriente de cortocircuito de 40 kA y corriente de cresta de 104 kA, con diseño compacto y preensamblado que reduce espacio en obra, facilita el montaje y minimiza mantenimiento, conforme a normativa IEC aplicable.</p>						4,00	151.000,00	604.000,00
C16	<p>ud Módulo híbrido Single Bay</p> <p>Suministro de módulo híbrido modelo Y1 HYpact de la casa GE Vernova para instalación en red de 66 kV, tensión nominal 72,5 kV, tensión soportada al impulso tipo rayo 325 kV, corriente de cortocircuito de 40 kA y corriente de cresta de 104 kA, con diseño compacto y preensamblado que reduce espacio en obra, facilita el montaje y minimiza mantenimiento, conforme a normativa IEC aplicable y resto de características según memoria del proyecto.</p>						1,00	100.101,00	100.101,00
C17	<p>ud Punta Franklin</p> <p>Suministro de punta pararrayos tipo Franklin de acero inoxidable, con mástil de 1,2 m y cabezal multipunta para captación de descargas atmosféricas, diseñada para montaje en estructuras metálicas o mástiles de protección contra rayos</p>						8,00	78,00	624,00
C18	<p>ml Embarrado</p> <p>Suministro de embarrado rígido mediante tubos de aluminio de la casa Bronmetal, diámetro exterior 120 mm e interior 106 mm, sección de 2.485 mm², límite de fluencia 1.600-2.400 kg/cm², intensidad admisible 2.985 A</p>								



CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
							800,00	49,21	39.368,00
C19	ml Conductor entre aparamenta						120,00	3,43	411,60
TOTAL SUBCAPÍTULO 02.01 Posiciones Alta Tensión.....									1.283.440,60
SUBCAPÍTULO 02.02 Posiciones Media Tensión									
C21	ud Celda de línea de distribución primaria SB, de 24 kV de tensión Suministro de celda de línea de media tensión, tipo CBGS-0 de la casa Mesa, con tensión nominal de 24 kV, aislamiento en SF6 sellado de por vida, cuerpo metálico de acero inoxidable, embarrado de cobre, seccionador tripolar rotativo de tres posiciones (cerrado, abierto, puesto a tierra) e interruptor automático incorporado, intensidad nominal de 1.250 A en barras y 630 A en derivaciones, capacidad de corte de 25 kA y soportabilidad térmica de 25 kA/3 s, conforme a IEC 62271-200, incluyendo todos los accesorios necesarios para su instalación.						6,00	19.630,00	117.780,00
C22	ud Celda de transformador de potencia de distribución primaria SB, Suministro de celda de transformador de media tensión, tipo CBGS-0 de la casa Mesa, con tensión nominal de 24 kV, aislamiento en SF6 sellado de por vida, cuerpo metálico de acero inoxidable, embarrado de cobre, seccionador tripolar rotativo de tres posiciones (cerrado, abierto, puesto a tierra) e interruptor automático incorporado, intensidad nominal de 1.250 A en barras y 630 A en derivaciones, capacidad de corte de 25 kA y soportabilidad térmica de 25 kA/3 s, conforme a IEC 62271-200, incluyendo todos los accesorios necesarios para su instalación.						2,00	15.800,00	31.600,00
C23	ud Celda de batería de condensadores de distribución primaria SB, d Suministro de celda de media tensión para conexión de banco de condensadores, equipada con interruptor automático tripolar, seccionador tripolar de tres posiciones (conexión, desconexión de barra y puesta a tierra), 3 transformadores de intensidad de fase toroidal para protección y tres detectores monofásicos de presencia de tensión con indicadores luminosos de estado sólido, aislamiento integral en SF6 y envolvente metálica tipo armada. Celda tipo CBGS-0 de la casa Mesa,						2,00	14.000,00	28.000,00
C24	ud Celda de transformador auxil. de distribución primaria SB, de 24 Suministro de posición de Servicios Auxiliares (SSAA) de media tensión, tipo CBGS-0 de la casa Mesa, compuestas por interruptor-seccionador de apertura en carga por fusión de fusibles y cierre manual, tres fusibles de media tensión, tres transformadores de tensión con doble secundario (uno para medida y protección, otro exclusivo para protección), y tres detectores monofásicos de presencia de tensión con indicadores luminosos de estado sólido, montados en envolvente metálica armada con aislamiento integral en SF6, incluyendo todos los accesorios necesarios para su correcta instalación.						2,00	10.006,38	20.012,76
C25	ud Celda de acoplamiento longitudinal de distribución primaria SB Suministro de posición de Unión Longitudinal en media tensión, tipo CBGS-0 de la casa Mesa, compuesta por dos celdas físicas situadas en distintos tramos de barra, destinadas a permitir continuidad de servicio y facilitar las maniobras de mantenimiento o aislamiento por fallas. La Celda Física 1 incluye un interruptor automático tripolar y un seccionador tripolar de tres posiciones (conexión, desconexión de barra y puesta a tierra); la Celda Física 2 incluye un seccionador tripolar de tres posiciones y tres transformadores de tensión con doble secundario (uno para medida y protección, otro exclusivo para protección). Con aislamiento en gas SF6, envolvente metálica armada, y conforme a norma IEC 62271-200. Se incluye el suministro de todos los accesorios necesarios para su instalación.						2,00	11.207,00	22.414,00
C26	ml Conductor tipo RHZ1 Cu / OL 12/20 (24) kV Suministro de cable de media tensión tipo X-VOLT RHZ1 Cu / OL, con conductor de cobre de 185 mm² de sección, aislamiento seco de polietileno reticulado (XLPE), pantalla metálica longitudinal (OL) y cubierta exterior libre de halógenos, tensión asignada 12/20 (24) kV,						400,00	24,50	9.800,00



MEDICIONES Y PRESUPUESTO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
C27	ud Abrazadera para cables de potencia								
							12,00	17,00	204,00
C28	ud Conductor tipo 240 mm ² Al Suministro de conductor de aluminio para conexión de salidas de línea, batería de condensadores y reactancias, sección 240 mm ² , tensión asignada 12/20 kV.						10,00	5,00	50,00
C29	ud Conductor tipo 95 mm ² Al Suministro de conductor de aluminio para conexión de Servicios Auxiliares en subestación, sección 95 mm ² , tensión asignada 12/20 kV						10,00	4,23	42,30
C30	ud Autoválvulas 20 kV Suministro de pararrayos para media tensión, marca INAEL, tensión nominal 20 kV, tensión más elevada para el material 24 kV, tensión asignada en servicio continuo Uc 17 kV, tensión asignada Ur 21 kV, frecuencia 50 Hz, corriente nominal de descarga 10 kA (onda 8/20 µs), tensión residual máxima 51 kV (onda 8/20 µs), con aislamiento exterior en goma-silicona y contador de descargas individual incorporado.						6,00	700,00	4.200,00
TOTAL SUBCAPÍTULO 02.02 Posiciones Media Tensión									234.103,06
TOTAL CAPÍTULO 02 EQUIPOS PRNCPALES Y CONDUCTORES SET									1.517.543,66



MEDICIONES Y PRESUPUESTO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 03 SERVICIOS AUXILIARES SET									
C31	Transformador servicios auxiliares								
	Suministro de dos transformadores de servicios auxiliares de la casa Siemens, modelo TUMETIC, con potencia nominal de 250 kVA, tensión primaria en media tensión (12/20 kV) y secundaria a 0,4 kV, aislamiento en aceite mineral, refrigeración natural ONAN, con conexión Dyn11.						2,00	9.000,00	18.000,00
A03	Armario servicios auxiliares corriente alterna								
	Suministro de armario TSA (Transformador de Servicios Auxiliares) para instalación en baja tensión, incluyendo interruptor motorizado por cada TSA, espacio para contadores de energía (instalados por EDE)						2,00	5.608,00	11.216,00
A04	Armario servicios auxiliares corriente continua								
	Suministro e instalación de sistema de servicios auxiliares en corriente continua (125 V C.C.), compuesto por dos subsistemas independientes de baterías (batería 1 y batería 2) con posibilidad de interconexión en caso de fallo, cada uno equipado con módulos rectificador-batería de 100 Ah según norma SNC001, incluyendo 2 módulos para batería 1 (ampliables a 3) y 1 módulo para batería 2 (ampliable a 2), con rectificadores montados en sus respectivos armarios. Se incluye cuadro de distribución de corriente continua en armario único alimentado desde ambos sistemas, con protecciones, barras, señalización y bornes de conexión						1,00	34.800,00	34.800,00
C34	Instalaciones auxiliares								
	Instalación de los sistemas eléctricos auxiliares de la subestación, incluyendo redes de alimentación, control y protección para alumbrado exterior e interior, climatización y tomas de fuerza, refrigeración y accionamiento de regulación de transformadores de potencia, rectificadores de carga de baterías de 125 V C.C. y 48 V C.C. para sistemas de comunicaciones, calefacción de aparataje, extracción de aire y bombas, sistemas de extinción automática, ventilación de salas técnicas, y sistemas de seguridad (detección y extinción de incendios, antintrusión, etc.). Resistencia de P.A.T. 12.7 ohmios, de 24 kV de tensión asignada, 1000 A intensidad de defecto. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación.						1,00	50.000,00	50.000,00
TOTAL CAPÍTULO 03 SERVICIOS AUXILIARES SET									114.016,00



MEDICIONES Y PRESUPUESTO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 04 RED DE TIERRA SET									
C34	<p>Instalaciones auxiliares</p> <p>Instalación de los sistemas eléctricos auxiliares de la subestación, incluyendo redes de alimentación, control y protección para alumbrado exterior e interior, climatización y tomas de fuerza, refrigeración y accionamiento de regulación de transformadores de potencia, rectificadores de carga de baterías de 125 V C.C. y 48 V C.C. para sistemas de comunicaciones, calefacción de apartamento, extracción de aire y bombas, sistemas de extinción automática, ventilación de salas técnicas, y sistemas de seguridad (detección y extinción de incendios, antintrusión, etc.).</p> <p>Resistencia de P.A.T. 12.7 ohmios , de 24 kV de tensión asignada, 1000 A intensidad de defecto. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación.</p>						2,00	50.000,00	100.000,00
C42	<p>Red de tierra inferior</p> <p>Red de toma de tierra para estructura de hormigón del edificio compuesta por 3.740 m de cable conductor de cobre desnudo recocido de 95 mm² de sección para la línea principal de toma de tierra, enterrado a una profundidad de 80 cm, 1.000 m de cable conductor de cobre desnudo recocido de 95 mm² de sección para la línea de enlace de toma de tierra de las estructuras. Incluyendo soldaduras aluminotérmicas en cruz y T.</p>						1,00	31.098,00	31.098,00
C43	<p>Punta Franklin</p> <p>Paramayos tipo Franklin, con semiángulo de protección de 25° para un nivel de protección 1 según DB SUA Seguridad de utilización y accesibilidad (C-TE), colocado en estructura sobre mástil. Incluye soporte y conexiones.</p>						8,00	4.000,00	32.000,00
TOTAL CAPÍTULO 04 RED DE TIERRA SET									163.098,00



MEDICIONES Y PRESUPUESTO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 05 SISTEMAS DE CONTROL Y PROTECCIÓN SET									
P05-06	Armario de control y protección de trafo AT/MT Suministro e instalación de los equipos de control, protección, teleprotección y teledisparo correspondientes a una posición de transformador AT/MT, conforme a la normativa GE NNC002 de la empresa distribuidora.						2,00	13.540,79	27.081,58
P03-04	Armario de control y protección de línea AT Suministro y montaje de equipos de control, protección, teleprotección y teledisparo de una posición de línea AT. Montaje de acuerdo a norma GE NNC002 de compañía distribuidora.						2,00	14.000,00	28.000,00
P02	Armario de control y protección de barra AT Suministro y montaje de equipos de control, protección, teleprotección y teledisparo de una posición de barra AT. Montaje de acuerdo a norma GE NNC002 de compañía distribuidora.						1,00	10.700,00	10.700,00
P01	Armario de sistema integrado remota para telecontrol Suministro y montaje de la U.C.S. de Control según norma de compañía suministradora.						1,00	110.000,00	110.000,00
P07	Armario de control y protección de centralizador de línea AT Suministro y montaje de equipos de control, protección, teleprotección y teledisparo de una posición de centralizador de línea AT. Montaje de acuerdo a norma GE NNC002 de compañía distribuidora.						1,00	9.800,00	9.800,00
TSA	Armarios trafo de servicios auxiliares C.A. 400 V Suministro y montaje de equipos de control y protección de una posición de trafo de servicios auxiliares de 250 kVA.						2,00	4.000,00	8.000,00
C01-02	Armario de telecomunicaciones. Suministro y montaje de un armario de telecomunicaciones con equipos fibra óptica de acuerdo a normativa compañía distribuidora.						2,00	60.000,00	120.000,00
TOTAL CAPÍTULO 05 SISTEMAS DE CONTROL Y PROTECCIÓN SET									313.581,58



MEDICIONES Y PRESUPUESTO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 06 ANILLOS DE DISTRIBUCIÓN									
C61	Conductor 400 mm² Al Cable unipolares tipo HERSATENE® Class RHZ1-OL H 16, conductor de aluminio de 400 mm ² de sección, tensión asignada 12/20 kV, aislamiento en polietileno reticulado (XLPE), cubierta exterior libre de halógenos (Z1)						17.400,00	13,00	226.200,00
C62	Zanja canalización calzada Zanja bajo calzada, con tubo hormigonado, según plano de cruce normalizado, con dimensiones de 70 cm de ancho y 135 cm de profundidad. Incluye excavación en terreno natural, formación de solea de hormigón en masa HNE-15/B/20 (20 cm de espesor), colocación de 3 tubos PE de Ø200 mm para cables de potencia, instalación de tetratubo para control, capa de relleno compactado de 90 cm, cinta de señalización "cable eléctrico",						800,00	123,00	98.400,00
C63	Zanja canalización acera						5.000,00	100,00	500.000,00
C64	Tube PE Ø200mm Suministro e instalación de tubo de polietileno liso (PE) de diámetro 200 mm para canalización subterránea de cables de media tensión, resistencia a la compresión > 250N.						29.400,00	7,90	232.260,00
C65	Arqueta tipo A1 Suministro y colocación de arqueta tipo A1 conforme a especificaciones de Endesa para canalizaciones subterráneas eléctricas, construida en hormigón prefabricado armado o in situ con dimensiones normalizadas.						40,00	328,00	13.120,00
C66	Arqueta tipo A2						100,00	430,00	43.000,00
C67	Sistema de puesta a tierra tipo Solid Bonding para cable MT Suministro e instalación del sistema de puesta a tierra tipo Solid Bonding para una línea de media tensión con cables unipolares de pantalla metálica, incluyendo conexión directa de las pantallas a tierra en ambos extremos del tramo. Con conductores de cobre desnudo de 50 mm ² , cajas de registro prefabricadas para inspección, conectores mecánicos o soldadura exotérmica para unión con pantalla metálica, y su correspondiente obra civil.						1,00	120,00	120,00
TOTAL CAPÍTULO 06 ANILLOS DE DISTRIBUCIÓN.....									1.113.100,00

PRESUPUESTO



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA INTEMPERIE 66/20 kV Y
DISEÑO DE ANILLO DE M.T. PARA LA ALIMENTACIÓN DEL
POLÍGONO INDUSTRIAL ASEGRA



MEDICIONES Y PRESUPUESTO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 07 OBRA CIVIL CT									
011	Edificio de Transformación: pfu.5 Edificio prefabricado constituido por una envolvente, de estructura monobloque, de hormigón armado, tipo pfu.5/20. Incluye el edificio y todos sus elementos exteriores según CEI 622171-202, transporte, montaje y accesorios.						1,00	15.475,00	15.475,00
TOTAL CAPÍTULO 07 OBRA CIVIL CT									294.025,00



CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 08 EQUIPO MT									
SUBCAPÍTULO 021 Entrada / Salida 1: cgmcosmos-l Interruptor-seccionador									
	TOTAL SUBCAPÍTULO 021 Entrada / Salida 1: cgmcosmos-l								4.712,50
SUBCAPÍTULO 022 Entrada / Salida 2: cgmcosmos-l Interruptor-seccionador									
	TOTAL SUBCAPÍTULO 022 Entrada / Salida 2: cgmcosmos-l								4.712,50
SUBCAPÍTULO 023 Protección Transformador 1: cgmcosmos-p Protección fusibles									
	TOTAL SUBCAPÍTULO 023 Protección Transformador 1:								3.612,50
SUBCAPÍTULO 024 Protección Transformador 2: cgmcosmos-p Protección fusibles									
	TOTAL SUBCAPÍTULO 024 Protección Transformador 2:								3.612,50
SUBCAPÍTULO 025 Puentes MT Transformador 1: Cables MT 12/20 kV									
	TOTAL SUBCAPÍTULO 025 Puentes MT Transformador 1:								1.175,00
SUBCAPÍTULO 026 Puentes MT Transformador 2: Cables MT 12/20 kV									
	TOTAL SUBCAPÍTULO 026 Puentes MT Transformador 2:								1.175,00
	TOTAL CAPÍTULO 08 EQUIPO MT								361.000,00



CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 09 TRANSFORMADOR									
SUBCAPÍTULO 031 Transformador 1: transforma aceite 24 kV									
									TOTAL SUBCAPÍTULO 031 Transformador 1: transforma aceite 357.120,00
SUBCAPÍTULO 032 Transformador 2: transforma aceite 24 kV									
									TOTAL SUBCAPÍTULO 032 Transformador 2: transforma aceite 357.120,00
SUBCAPÍTULO 033 Transformador 1: transforma aceite 24 kV									
									TOTAL SUBCAPÍTULO 033 Transformador 1: transforma aceite 90.879,00
SUBCAPÍTULO 034 Transformador 2: transforma aceite 24 kV									
									TOTAL SUBCAPÍTULO 034 Transformador 2: transforma aceite 90.879,00
									TOTAL CAPÍTULO 09 TRANSFORMADOR..... 895.998,00



MEDICIONES Y PRESUPUESTO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 10 EQUIPO BT									
SUBCAPÍTULO 041 Puentes BT - B2 Transformador 1: Puentes transformador-cuadro									
									TOTAL SUBCAPÍTULO 041 Puentes BT - B2 Transformador 1: 1.300,00
SUBCAPÍTULO 042 Puentes BT - B2 Transformador 2: Puentes transformador-cuadro									
									TOTAL SUBCAPÍTULO 042 Puentes BT - B2 Transformador 2: 1.300,00
SUBCAPÍTULO 043 Cuadros BT - B2 Transformador 1: addibo.urban Enel 4 salidas									
									TOTAL SUBCAPÍTULO 043 Cuadros BT - B2 Transformador 1: 3.478,00
SUBCAPÍTULO 044 Cuadros BT - B2 Transformador 2: addibo.urban Enel 4 salidas									
									TOTAL SUBCAPÍTULO 044 Cuadros BT - B2 Transformador 2: 3.478,00
TOTAL CAPÍTULO 10 EQUIPO BT.....									181.564,00



CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 11 RED TIERRAS									
SUBCAPÍTULO 051 Tierras Interiores Prot Transformación: Instalación interior tie									
	TOTAL SUBCAPÍTULO 051 Tierras Interiores Prot								925,00
SUBCAPÍTULO 052 Tierras Exteriores Serv Transformación: Picas alineadas									
	TOTAL SUBCAPÍTULO 052 Tierras Exteriores Serv								630,00
SUBCAPÍTULO 053 Tierras Exteriores Prot Transformación: Picas alineadas									
	TOTAL SUBCAPÍTULO 053 Tierras Exteriores Prot								1.000,00
SUBCAPÍTULO 054 Tierras Interiores Serv Transformación: Instalación interior tie									
	TOTAL SUBCAPÍTULO 054 Tierras Interiores Serv								925,00
	TOTAL CAPÍTULO 11 RED TIERRAS								66.120,00

PRESUPUESTO



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA INTEMPERIE 66/20 kV Y
DISEÑO DE ANILLO DE M.T. PARA LA ALIMENTACIÓN DEL
POLÍGONO INDUSTRIAL ASEGRA



CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 12 VARIOS CT									
C121	Iluminación edificio						1,00	600,00	600,00
C122	Equipo de seguridad y maniobra						1,00	700,00	700,00
C123	Protección física transformador 1						1,00	233,00	233,00
C124	Protección física transformador 2						1,00	233,00	233,00
TOTAL CAPÍTULO 12 VARIOS CT.....									33.554,00

PRESUPUESTO



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA INTEMPERIE 66/20 kV Y
DISEÑO DE ANILLO DE M.T. PARA LA ALIMENTACIÓN DEL
POLÍGONO INDUSTRIAL ASEGRA



CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 13 GESTIÓN DE RESIDUOS									
TOTAL CAPÍTULO 13 GESTIÓN DE RESIDUOS									103.344,00

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 14 SEGURIDAD Y SALUD									
TOTAL CAPÍTULO 14 SEGURIDAD Y SALUD									262.723,00
TOTAL									5.517.189,24



RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
01	EDIFICIO Y OBRA CIVIL SET.....	97.522,00	1,77
02	EQUIPOS PRINCIPALES Y CONDUCTORES SET.....	1.517.543,66	27,51
03	SERVICIOS AUXILIARES SET	114.016,00	2,07
04	RED DE TIERRA SET.....	163.098,00	2,96
05	SISTEMAS DE CONTROL Y PROTECCIÓN SET.....	313.581,58	5,68
06	ANILLOS DE DISTRIBUCIÓN.....	1.113.100,00	20,18
07	OBRA CIVIL CT.....	294.025,00	5,33
08	EQUIPO MT.....	361.000,00	6,54
09	TRANSFORMADOR.....	895.998,00	16,24
10	EQUIPO BT.....	181.564,00	3,29
11	RED TIERRAS.....	66.120,00	1,20
12	VARIOS CT.....	33.554,00	0,61
13	GESIÓN DE RESIDUOS.....	103.344,00	1,87
14	SEGURIDAD Y SALUD.....	262.723,00	4,76
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		5.517.189,24	
	13,00% Gastos generales	717.234,60	
	6,00% Beneficio industrial.....	331.031,35	
SUMA DE G.G. y B.I.		1.048.265,95	
	21,00% I.V.A.....	1.378.745,59	
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA		7.944.200,78	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		7.944.200,78	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de SIETE MILLONES NOVECIENTOS CUARENTA Y CUATRO MIL DOSCIENTOS EUROS con SETENTA Y OCHO CÉNTIMOS

, a 16 de marzo de 2025.

LA PROPIEDAD

LA DIRECCION FACULTATIVA