

MEMORIA DE INSTALACION ELECTRICA

ÍNDICE

CAPÍTULO 1.- GENERALIDADES	9
1 ANTECEDENTES	9
2 OBJETO Y CONTENIDO DEL PROYECTO	9
3 NORMATIVA DE APLICACIÓN	11
4 COMPAÑÍA SUMINISTRADORA	13
5 JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD DE LA INSTALACIÓN	13
6 EMPLAZAMIENTO UBICACIÓN Y ACCESOS	15
7 DATOS DEL PROYECTO	15
7.1 RELACIÓN DE ORGANISMO AFECTADOS POR LA INSTALACIÓN	15
7.2 PARCELA LOCALIZACIÓN	15
7.3 USO DE LA PARCELA	15
7.4 SUPERFICIE OCUPADA POR LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN Y SUPERFICIE NECESARIA PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	15
8 JUSTIFICACIÓN DE LA PREVISIÓN DE POTENCIA	16
8.1 CONSUMOS TOTALES URBANIZACIÓN	16
8.2 JUSTIFICACIÓN POTENCIAS A SUMINISTRAR POR ANILLOS DE MT	17
CAPÍTULO 2.- PROYECTO LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN SEGÚN “DYZ10000”	20
1 INTRODUCCIÓN	20
2 OBJETO	20
3 REGLAMENTACIÓN	20
4 DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA	21
4.1 DOCUMENTOS EDE DE REFERENCIA INFORMATIVA	21
4.2 DOCUMENTOS UNE, EN E IEC DE CONSULTA	21
5 CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO	22
6 ELEMENTOS DE LAS LÍNEAS SUBTERRÁNEAS DE MT	23
6.1 CABLE AISLADO DE POTENCIA	23
6.2 TERMINACIONES	24
6.3 EMPALMES	24
6.4 PARARRAYOS	25
7 CANALIZACIÓN SUBTERRÁNEA	25
7.1 DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO	25
7.2 ARQUETAS	26
8 CRUZAMIENTOS, PROXIMIDADES Y PARALELISMOS	26



9	CONVERSIONES DE LÍNEA AÉREA A SUBTERRÁNEA	29
10	PUESTA A TIERRA	29
11	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD. PLAN DE SEGURIDAD	29
CAPÍTULO 3 .- PROYECTO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN INTERIOR PREFABRICADO SEGÚN “FYZ 300000”		
1	INTRODUCCIÓN	31
2	OBJETO	31
3	REGLAMENTACIÓN	31
4	DOCUMENTO DE REFERENCIA	32
4.1	DOCUMENTOS EDE DE REFERENCIA INFORMATIVA	32
4.2	DOCUMENTOS UNE, EN E IEC DE CONSULTA	33
5	CT EDIFICIO PREFABRICADO EN SUPERFICIE	34
5.1	UBICACIÓN Y ACCESOS	34
5.2	DIMENSIONES	34
6	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LAS INSTALACIÓN	35
6.1	CONFIGURACIÓN ELÉCTRICA	35
6.2	NIVEL DE AISLAMIENTO EN MT	35
6.3	NIVEL DE AISLAMIENTO EN BAJA TENSIÓN	35
6.4	POTENCIAS DE TRANSFORMACIÓN	36
6.5	INTENSIDAD NOMINAL EN MT	36
6.6	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO	36
7	CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA CIVIL	36
7.1	CENTROS PREFABRICADOS EN SUPERFICIE	36
7.2	CIMENTACIÓN DE LOS CT PREFABRICADOS	37
8	INSTALACIÓN ELÉCTRICA	37
8.1	LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN	37
8.2	CELDA DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA	37
8.2.1	TIPOS DE CELDAS	37
8.3	TRANSFORMADORES DE POTENCIA	38
8.3.1	TRANSFORMADORES CON REFRIGERACIÓN EN ACEITE	38
8.3.2	TRANSFORMADOR TIPO SECO	38
8.4	CABLES Y TERMINALES DE MT PARA CONEXIÓN ENTRE TRANSFORMADOR Y APARAMENTA	39
8.5	PUENTES DE BT	39
8.6	CUADROS DE BT	39
8.6.1	SERVICIOS AUXILIARES	39

8.6.2	CIRCUITO DE ALUMBRADO	40
9	PROTECCIONES	40
9.1	PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES	40
9.2	PROTECCIÓN TÉRMICA DEL TRANSFORMADOR	40
9.3	PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITOS	40
9.4	PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES EN MT	41
10	INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	41
10.1	DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	42
10.2	ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	42
10.3	ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA	42
10.4	LÍNEAS DE PUESTA A TIERRA	43
10.5	EJECUCIÓN DE LA PUESTA A TIERRA GENERAL	43
10.6	EJECUCIÓN DE LA PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO	43
10.7	MEDIDAS ADICIONALES DE SEGURIDAD PARA LAS TENSIONES DE PASO Y CONTACTO	44
11	SISTEMA DE TELEGESTIÓN	44
12	SISTEMA DE MEDIDA	44
13	SISTEMA DE TELEMANDO	44
13.1	UNIDAD COMPACTA DE TELEMANDO	45
13.2	DETECTOR DE PASO DE FALTA	45
13.2.1	COMUNICACIONES	46
14	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD	46
15	LIMITACIÓN DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS	46
15.1	MEDIDAS DE ATENUACIÓN DE CAMPOS MAGNÉTICOS	47
15.2	MEDICIÓN DE CAMPOS MAGNÉTICOS: MÉTODOS, NORMAS Y CONTROL POR LA ADMINISTRACIÓN	47
16	PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	48
16.1	EXTINTORES MÓVILES	48
17	VENTILACIÓN	48
18	INSONORIZACIÓN Y MEDIDAS ANTIVIBRACIONES	48
18.1	JUSTIFICACIÓN DEL NIVEL DE RUIDO	49
18.1.1	NIVEL DE RUIDO PRODUCIDOS	49
18.1.2	AISLAMIENTO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUIDOS	49
19	PROTECCIÓN CONTRA LA CONTAMINACIÓN	50
20	SEÑALIZACIÓN Y MATERIAL DE SEGURIDAD	50
21	SIGLAS	50
CAPÍTULO 4 .- ESTUDIO DE CAMPOS MAGNÉTICOS DEL CT		51



1 OBJETO	51
2 NORMATIVA VIGENTE	51
3 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CAMPOS MAGNÉTICOS	52
4 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN INTERIOR EN EDIFICIO PREFABRICADO EN SUPERFICIE 1 TRANSFORMADOR	52
4.1 CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN Y DATOS DE CÁLCULO	54
4.2 RESULTADOS	56
4.3 CONCLUSIONES	57
5 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN INTERIOR EN EDIFICIO PREFABRICADO EN SUPERFICIE 2 TRANSFORMADORES	57
5.1 CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN Y DATOS DE CÁLCULO	59
5.2 RESULTADOS	62
5.3 CONCLUSIONES	63
6 REFERENCIAS	63
7 ANEXO	64
7.1 ANEXO A. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN INTERIOR EN EDIFICIO PREFABRICADO EN SUPERFICIE, DE 1 TRANSFORMADOR	64
7.2 ANEXO B. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN INTERIOR EN EDIFICIO PREFABRICADO EN SUPERFICIE, DE 2 TRANSFORMADORES	67
CAPÍTULO 5 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD SEGÚN ITC-LAT 06 APARTADO 8 RD 223/2008	70
1 DESCRIPCIÓN	70
2 ENSAYOS	71
CAPÍTULO 6.- MEMORIA DE CÁLCULO. LÍNEA DE MT	72
1 INTRODUCCIÓN	72
2 DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA DE MT	72
3 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL CONDUCTOR	73
4 INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES PARA EL CABLE	73
4.1 INTENSIDAD MÁXIMA PARA EL CABLE EN SERVICIO PERMANENTE	73
4.2 INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE PARA EL CABLE EN CORTOCIRCUITO	77
4.3 INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE PARA LA PANTALLA EN CORTOCIRCUITO	78
5 PROTECCIONES	79
6 PÉRDIDAS DE POTENCIA	79
7 CAÍDA DE TENSIÓN	80
CAPÍTULO 7.- MEMORIA DE CÁLCULO. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	81
1 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	81
1.1 INTRODUCCIÓN	81

1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN	81
1.2.1 PUESTA A TIERRA GENERAL	81
1.2.2 PUESTA A TIERRA DE NEUTRO	81
2 DATOS INICIALES	81
3 CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA GENERAL	82
3.1 INVESTIGACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO. RESISTIVIDAD	82
3.2 DETERMINACIÓN DE LA INTENSIDAD DE DEFECTO A TIERRA Y DEL TIEMPO MÁXIMO DE ELIMINACIÓN DEL EFECTO	84
3.2.1 INTENSIDAD DE PUESTA A TIERRA	84
3.2.2 RESISTENCIA MÁXIMA DE LA PUESTA A TIERRA GENERAL DEL CT	84
3.2.3 INTENSIDAD DE DEFECTO Y PARÁMETROS DE LA RED	84
3.2.4 TIEMPO DE ELIMINACIÓN DEL EFECTO	86
3.3 DISEÑO PRELIMINAR DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA. SELECCIÓN DEL ELECTRODO.	87
3.4 CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA, INTENSIDAD DE DEFECTO Y TENSIONES DE PASO PARA EL ELECTRODO SELECCIONADO	89
3.5 VALORES MÁXIMOS DE TENSIÓN ADMISIBLES	89
3.6 COMPROBACIÓN DE QUE CON EL ELECTRODO SELECCIONADO SE SATISFACEN LAS CONDICIONES EXIGIDAS	91
3.6.1 SEGURIDAD PARA LAS PERSONAS	91
3.6.2 PROTECCIÓN DEL MATERIAL	92
3.6.3 GARANTÍA DE ELIMINACIÓN DE LA FALTA	92
3.7 CORRECCIÓN Y AJUSTE DEL DISEÑO INICIAL	92
4 CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO	93
5 SEPARACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA GENERAL Y DE NEUTRO	93
6 SISTEMA ÚNICO PARA LAS PUESTAS A TIERRA GENERAL Y DE NEUTRO	94
7 PUENTES MT Y BT	94
7.1 INTRODUCCIÓN	94
7.2 INTENSIDAD EN MT.	94
7.3 DIMENSIONADO DE LAS CONEXIONES DE MT	95
7.3.1 INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE PARA EL CABLE EN SERVICIO PERMANENTE	95
7.3.2 INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE PARA EL CABLE EN CORTOCIRCUITO	96
7.3.3 INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE PARA LA PANTALLA EN CORTOCIRCUITO	97
7.4 INTENSIDAD EN BT	97
7.5 DIMENSIONADO DE LAS CONEXIONES DE BAJA TENSIÓN	98
7.5.1 INTENSIDAD MÁXIMA	98



CAPÍTULO 8 RED DE BAJA TENSIÓN SEGÚN “NRZ002”	100
1 OBJETO Y CONTENIDO DEL PROYECTO	100
2 NORMATIVA DE APLICACIÓN	100
3 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE E-DISTRIBUCIÓN	101
3.1 TENSIÓN NOMINAL DE LA RED	102
3.2 NIVEL DE AISLAMIENTO DE LA RED	102
3.3 CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO	102
4 CRITERIOS GENERALES DE LA RED DE BAJA TENSIÓN	102
5 JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD DE LA INSTALACIÓN	102
6 CONFIGURACIÓN DE LA RED DE BAJA TENSIÓN	103
6.1.1 RED MALLADA	104
6.1.2 RED RADIAL	104
7 CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO	105
8 ELEMENTOS DE LA LSBT	106
8.1 CABLE AISLADO DE POTENCIA	106
8.2 TERMINALES	107
8.3 EMPALMES	108
8.4 CONECTORES PARA DERIVACIONES EN “T”	108
8.5 CAJAS Y ARMARIOS DE DISTRIBUCIÓN	108
8.6 CAJAS GENERALES DE PROTECCIÓN Y CAJAS DE PROTECCIÓN Y MEDIDA	110
8.7 ACOMETIDAS	110
9 CANALIZACIÓN SUBTERRÁNEA	110
9.1 PUNTOS DE ACCESO	111
9.1.1 EMPLAZAMIENTO DE EMPALMES	112
9.1.2 ARQUETAS	112
10 CRUZAMIENTOS, PROXIMIDADES Y PARALELISMOS	113
11 CONVERSIONES DE LÍNEA SUBTERRÁNEA A AÉREA	116
12 PROTECCIÓN	116
13 PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO	116
CAPÍTULO 9 .- CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA RED DE BAJA TENSIÓN	117
1 INTRODUCCIÓN	117
2 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL CONDUCTOR	117
3 INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES PARA EL CABLE	118
3.1 INTENSIDAD MÁXIMA PARA EL CABLE EN SERVICIO PERMANENTE	118
3.2 INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE PARA EL CABLE EN CORTOCIRCUITO	122

4 PÉRDIDAS DE POTENCIA	123
5 CAÍDA DE TENSIÓN	124
6 PROTECCIONES	124
6.1 LONGITUD MÁXIMA DEL CABLE PROTEGIDA POR FUSIBLES	125
6.2 LONGITUD MÁXIMA DE DERIVACIONES	126
7 ANEXO. RESULTADOS DE CÁLCULO	127



CAPÍTULO 1 .- GENERALIDADES

1 ANTECEDENTES

El Centro Logístico de Antequera cuenta con 2 fases de ejecución, estando la primera de ella ejecutada y disponiendo de suministro eléctrico.

La segunda fase es el objeto de este proyecto, dadas las dimensiones y las necesidades detalladas en previsión de carga para poder realizar el suministro eléctrico a las parcelas y a las zonas de uso público, será necesaria la instalación de una subestación eléctrica.

2 OBJETO Y CONTENIDO DEL PROYECTO

En el presente documento se describen los diferentes elementos que componen la Red de Media Tensión, Baja Tensión y Centros de Transformación, para dotar a la urbanización del suministro eléctrico necesario, situado en Centro Logístico de Antequera.

La nueva Red de MT, partirá de la subestación a realizar junto con las obras de urbanización y que se ubicará al sureste de la misma. Dicha subestación conectará con los nuevos centros de transformación proyectados, mediante seis salidas de Media Tensión que conformarán los anillos internos de la urbanización. El punto de conexión se establece por tanto en dicha subestación, determinado así por la empresa suministradora.

Dadas las dimensiones de las parcelas, se prevé el suministro a las mismas en media tensión. Complementando dicha red, con 11 centros de transformación y seccionamiento, para proporcionar suministro a los cuadros de alumbrado y en previsión de las redes provisionales durante la ejecución de las obras, así como para disponer de puntos de seccionamiento de la red de media, que permita dar flexibilidad al diseño de la infraestructura eléctrica de la urbanización. La capacidad de los transformadores será de 400 kVA, y todos incluirán un módulo de seccionamiento de la red.

Las ubicaciones de los centros de transformación será dentro del límite parcelas privadas, adosados a fachadas, y totalmente accesibles desde la vía, pública, con servidumbre garantizada, no permitiéndose líneas por patios interiores, garajes, parcelas cerradas, etc. Siempre que sea posible discurrirán bajo las aceras. El trazado será lo más rectilíneo posible, teniendo en cuenta los radios de curvatura mínimo de los cables, y respetando los cambios de dirección.

Se dispondrán **seis línea de 3x1x240 mm2 de cable tipo RH5Z1 AI-XLPE-12/20 kV bajo tubo de PEAD, de 200 mm de diámetro (tres por cada unidad de ejecución)**. Además se dispondrá de un tubo de reserva a lo largo de toda la longitud, y dos en el caso de cruces con calzada.

La potencia total a suministrar por la red de Media Tensión, aplicando los coeficientes de reducción según anexo de cálculo es de:

UE-1

POTENCIA TOTAL EN PARCELAS (KW)	26.334,90
POTENCIA TOTAL EN CCTT (KW)	26.334,90
POTENCIA LÍNEA MT (KW)	21.067,92
POTENCIA LÍNEA MT (KVA)	24.785,79

UE-2

POTENCIA TOTAL EN PARCELAS (KW)	23.971,49
POTENCIA TOTAL EN CCTT (KW)	23.971,49
POTENCIA LÍNEA MT (KW)	19.177,19
POTENCIA LÍNEA MT (KVA)	22.561,40

Tal y como se ha comentado previamente, la línea de media tensión a disponer, se realizará desde la subestación proyectada dentro del propio centro logístico y haciendo entrada y salida en los CCTT en el siguiente orden:

UE-1

LÍNEA 1:	Suministro a parcela 3 Suministro a parcela 1 Centro de Transformación 1
LÍNEA 2:	Suministro a equipamiento público – comercial Centro de Transformación 6 Suministro a equipamiento público – deportivo Suministro a equipamiento público – social Suministro a parcela 3
LÍNEA 3:	Suministro a parcela 11 Suministro a parcela 10 Suministro a parcela 8 Centro de transformación 7 Centro de transformación 4 Centro de transformación 2 Suministro a parcela 3

UE-2

LÍNEA 4:	Suministro a parcela 11 Suministro a parcela 10
-----------------	--



	Suministro a parcela 8
	Centro de transformación 7
	Centro de transformación 4
	Centro de transformación 2
	Suministro a parcela 3
LÍNEA 5:	Suministro a parcela 6
	Suministro a parcela 7
LÍNEA 6:	Suministro a parcela 9
	Centro de Transformación 1

3 NORMATIVA DE APLICACIÓN

Para la confección del presente Proyecto, se tendrán en cuenta los siguientes Reglamentos y Disposiciones Legales:

- Resolución de 17 de abril de 2021, de la Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa, por la que se actualiza el listado de normas de la instrucción técnica complementaria ITC-LAT-02 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión, aprobado por el Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero.
- Resolución de 29 de enero de 2021, de la Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa, por la que se aprueban especificaciones particulares y proyectos tipo de Edistribución Redes Digitales, SLU.
- Real Decreto 298/2021, de 27 de abril, por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial.
- Real Decreto 2135/1980 de 26/09/1980, INDUSTRIAS EN GENERAL. Liberalización en materia de instalación, ampliación y traslado.
- Ley 21/1992 de 16/07/1992, Ley de industria.
- Real Decreto 1955/2000 de 01/12/2000, ELECTRICIDAD. Regula las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Orden de 19/12/1980, INDUSTRIAS EN GENERAL. Desarrolla Real Decreto 26-9-1980, sobre liberalización en materia de instalación, ampliación y traslado.
- Circular de 06/03/2002, E-1/2002 sobre interpretación del Artículo 162 de R.D. 1955/2000 por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Instrucción de 14/10/2004, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, sobre previsión de cargas eléctricas y coeficientes de simultaneidad en áreas de uso residencial y áreas de uso industrial.
- Instrucción de 17/11/2004, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, sobre tramitación simplificada de determinadas instalaciones de distribución de alta y media tensión.
- Decreto 9/2011, de 18 de enero, por el que se modifican diversas Normas Regulatoras de Procedimientos Administrativos de Industria y Energía.
- Resolución de 05/05/2005, por la que se aprueban las Normas Particulares y Condiciones Técnicas y de Seguridad de la empresa distribuidora de energía eléctrica, Endesa Distribución, SLU, en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Andalucía.

- Resolución de 25/10/2005, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se regula el período transitorio sobre la entrada en vigor de las normas particulares y condiciones técnicas y de seguridad, de Endesa Distribución S.L.U. en el ámbito de esta Comunidad Autónoma
- Instrucción de 11/01/2006, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se modifica la Circular E-1/2002, sobre interpretación del artículo 162 del RD 1955/00, por el que se regulan las actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Resolución de 23/03/2006, de corrección de errores y erratas de la Resolución de 5 de mayo de 2005, por la que se aprueban las normas particulares y condiciones técnicas y de seguridad de la empresa distribuidora de energía eléctrica, Endesa Distribución SLU, en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Andalucía.
- Decreto 178/2006 de 10/10/2006, por el que se establecen normas de protección de la avifauna para las instalaciones eléctricas de alta tensión.
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Corrección de errores del Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Real Decreto 1432/2008 de 29/08/2008, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.
- Real Decreto 614/2001 de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente a riesgos eléctricos.
- Real Decreto 337/2014 de 09/05/2014, 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.
- Resolución de 23/03/2006, de corrección de errores y erratas de la Resolución de 5 de mayo de 2005, por la que se aprueban las normas particulares y condiciones técnicas y de seguridad de la empresa distribuidora de energía eléctrica, Endesa Distribución SLU, en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Andalucía
- Guía de 01/10/2005, guía técnica de aplicación del reglamento electrotécnico de baja tensión REBT02 (Real Decreto 842/2002). Guía de la ITC BT-24, protección contra contactos directos e indirectos.
- Guía de 01/10/2005, guía técnica de aplicación del reglamento electrotécnico de baja tensión REBT02 (Real Decreto 842/2002). Guía de la ITC BT-23, protección contra sobretensiones
- Guía de 01/10/2005, guía técnica de aplicación del reglamento electrotécnico de baja tensión REBT02 (Real Decreto 842/2002). Guía de la ITC BT-22, protección contra sobreintensidades.
- Guía de 01/10/2005, guía técnica de aplicación del reglamento electrotécnico de baja tensión REBT02 (Real Decreto 842/2002). Guía de la ITC BT-18, instalaciones de puesta a tierra.
- Guía de 01/10/2005, guía técnica de aplicación del reglamento electrotécnico de baja tensión REBT02 (Real Decreto 842/2002). Guía de la ITC BT-08, sistemas de conexión del neutro y de las masas en redes de distribución de energía eléctrica.
- Guía de 01/10/2005, guía técnica de aplicación del reglamento electrotécnico de baja tensión REBT02 (Real Decreto 842/2002). Índice
- Guía de 01/09/2003, guía técnica de aplicación del reglamento electrotécnico de baja tensión REBT02 (Real Decreto 842/2002). Esquemas (ITC BT 012)



- Real Decreto 842/2002 de 02/08/2002, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Reglamento 2016/364 de 01/07/15, relativo a la clasificación de las propiedades de reacción al fuego de los productos de construcción de conformidad con el Reglamento (UE) nº 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo
- Ley 31/1995 de prevención de riesgos laborales y reglamentos de aplicación.
- Resolución de 3 de junio de 2020, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se deroga parcialmente la Resolución de 5 de mayo de 2005, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se aprueban las normas particulares y condiciones técnicas y de seguridad de la empresa distribuidora de energía Eléctrica Endesa Distribución, SLU, en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Andalucía.
- Resolución de 9 de enero de 2020, de la Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa, por la que se actualiza el listado de normas de la instrucción técnica complementaria ITC-BT-02 del Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto.
- Real Decreto 542/2020, de 26 de mayo, por el que se modifican y derogan diferentes disposiciones en materia de calidad y seguridad industrial.
- Resolución de 13 de septiembre de 2019, de la Secretaría General de Industria, Energía y Minas, por la que se modifica, complementando la de este órgano directivo de 14 de junio de 2019 por la que se deroga parcialmente la Resolución de 5 de mayo de 2005, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se aprueban las normas particulares y condiciones técnicas y de seguridad de la empresa distribuidora de energía eléctrica Endesa Distribución, S.L.U., en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Andalucía.
- BOJA Resolución 14 de Junio de 2019 de la Secretaría General de Industria, Energía y Minas, por la que se deroga parcialmente la resolución del 5 de mayo de 2005 de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se aprueban las normas particulares y condiciones técnicas y de seguridad de la empresa distribuidora de energía eléctrica Endesa Distribución SLU, en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Andalucía.
- Resolución de 5 de diciembre de 2018, de la Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa, por la que se aprueban especificaciones particulares y proyectos tipo de Endesa Distribución Eléctrica, SLU
- Normas UNE de aplicación.
- Ordenanzas y Normas del Ayuntamiento de Antequera

4 COMPAÑÍA SUMINISTRADORA

Corresponde el suministro de energía eléctrica a Edistribución Redes Digitales S.L.U., que dará servicio en corriente alterna trifásica a la tensión de 20kV en Media Tensión a las líneas subterráneas de Media Tensión, así como a los Centros de Transformación y Entrega a cliente proyectados, mientras que también dará servicio en corriente alterna trifásica a la tensión de 400V/230V y 50 Hz a los suministros de Baja Tensión.

5 JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD DE LA INSTALACIÓN

La red de distribución en Media tensión, se diseña para dotar de energía eléctrica a centros de transformación que a su vez suministrarán en baja tensión a los siguientes elementos:

- Parcelas Industriales
- Equipamiento social

- Equipamiento comercial
- Equipamiento deportivo
- Zonas verdes y red viaria

No se prevé la disposición de parcelas de uso residencial.

Se aporta a continuación tabla resumen con las superficies y potencias previstas por parcelas:

USO	PARCELA	SUPERFICIE (m2)
UE-1		
INDUSTRIAL	PARCELA 1	43.477,68
	PARCELA 3	380.113,07
	PARCELA 8	11.665,46
	PARCELA 10	9.659,30
	PARCELA 11	18.548,51
EQUIPAMIENTO	EQUIPAMIENTO DEPORTIVO	29.041,11
	EQUIPAMIENTO SOCIAL	14.520,55
	EQUIPAMIENTO COMERCIAL	14.520,55
INDUSTRIAL	DEPÓSITOS E INSTALACIONES DE BOMBEO	-
VIALES	ALUMBRADO PÚBLICO UE-1	71.726,70

USO	PARCELA	SUPERFICIE (m2)
UE-2		
INDUSTRIAL	PARCELA 2	47.467,95
	PARCELA 4	16.707,97
	PARCELA 5	37.632,02
	PARCELA 6	88.460,34
	PARCELA 7	162.910,01
	PARCELA 9	119.968,35
INDUSTRIAL	DEPÓSITOS E INSTALACIONES DE BOMBEO	-
VIALES	ALUMBRADO PÚBLICO UE-2	109.440,00



La autenticidad de este documento se puede comprobar con el código 07E70025106B00V4B5A5X1S3L4 en la web del Ayto. Antequera

07E70025106B00V4B5A5X1S3L4

FIRMANTE - FECHA

ARMEN MARIA CAMPOS BARON-SECRETARIA ACCTAL. - 04/07/2023
 serialNumber=S2833002E,CN=Sello de tiempo TS@ - @firma,OU=Secretaría General de Administración Digital,O=Secretaría de Estado de Función Pública,C=ES - 04/07/2023 13:52:26
 APROBACION DEFINITIVA POR JUNTA GOBIERNO LOCAL, EN SESION EXTRAORDINARIA Y URGENTE, DE FECHA 02 DE JUNIO DE 2023

DOCUMENTO: 20232429035
 Fecha: 04/07/2023
 Hora: 13:52



$$11 \text{ CCTT} \times 14.47 \text{ m}^2/\text{CT} = 159.17 \text{ m}^2$$

Dejando una zona de servidumbre de 1.50 m alrededor de los edificios libre de obstáculos.

La previsión de cargas y el coeficiente de simultaneidad de estas áreas (incluido en el apartado 9), se ha realizado conforme a la Instrucción de la Dirección General de Industria, Energía y Minas de fecha de 14/10/2004, sobre previsión de cargas y coeficientes de simultaneidad en áreas de uso residencial y áreas de uso industrial (BOJA num. 216 de 5 de noviembre).

6 EMPLAZAMIENTO UBICACIÓN Y ACCESOS

Los Centros de Transformación se localizan en el interior del sector CENTRO LOGÍSTICO de ANTEQUERA. Las coordenadas UTM de cada uno de los centros son:

CT	TRAFOS		ETRS 89 30 N	
			X	Y
CT1	1x400+Seccionamiento	UE-1	362896	4105540
CT2	1x400+Seccionamiento	UE-1	363085	4104994
CT3	1x400+Seccionamiento	UE-2	363359	4105165
CT4	1x400+Seccionamiento	UE-1	363088	4104626
CT5	1x400+Seccionamiento	UE-2	363577	4104641
CT6	1x400+Seccionamiento	UE-1	362612	4104247
CT7	1x400+Seccionamiento	UE-1	362938	4104248
CT8	1x400+Seccionamiento	UE-2	363358	4104234
CT9	1x400+Seccionamiento	UE-2	363663	4104216
CT10	1x400+Seccionamiento	UE-2	363154	4103913
CT11	1x400+Seccionamiento	UE-2	363375	4103940

7 DATOS DEL PROYECTO

7.1 RELACIÓN DE ORGANISMO AFECTADOS POR LA INSTALACIÓN

- Ayuntamiento de Antequera
- Servicio de Industria, Energía y Minas. Junta de Andalucía.

7.2 PARCELA LOCALIZACIÓN

Las parcelas correspondientes según proyecto y vigente PGOU de Antequera, se corresponden con el Sector CENTRO LOGÍSTICO DE ANTEQUERA, 2ª FASE, T.M. Antequera, en Málaga.

7.3 USO DE LA PARCELA

El uso de las parcelas será Industrial y Equipamientos, zonas verdes y viario.

7.4 SUPERFICIE OCUPADA POR LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN Y SUPERFICIE NECESARIA PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La superficie ocupada por los Centros de transformación es de:

8 JUSTIFICACIÓN DE LA PREVISIÓN DE POTENCIA

La previsión de potencia se realiza de acuerdo con la ITC-BT-10 del Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y la Instrucción de 14 de octubre de la Dirección General de Industria, Energía y Minas.

El procedimiento para obtener las potencias de cada una de las parcelas, ha sido la siguiente:

- En función del área de cada una de las parcelas, se le dota de una potencia prevista:

S. PARCELA (m2)	POT. PREVISTA (W)
S ≤ 300	15
300 > S ≤ 1000	15 + 0,05 (S-300)
S > 1000	0,05 S

Una vez obtenido el consumo en bruto total de la urbanización, se procede a según la Instrucción de 14 de octubre de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, aplicar los siguientes coeficientes:

- Potencias previstas en transformador: la potencia prevista en transformador será la suma de las potencias previstas en todas las cajas generales de protección que alimente, aplicando un coeficiente de simultaneidad de 0.8, siempre y cuando el número de estas sea mayor de 4.
- Potencias previstas en líneas de media tensión: la potencia prevista para la línea de media tensión, será la suma de las potencias previstas en los centros de transformación, multiplicado por 0,8, siempre y cuando el número de CCTT a los que alimente sea mayor de 4, en caso contrario, el coeficiente será la unidad.

8.1 CONSUMOS TOTALES URBANIZACIÓN

USO	PARCELA	SUPERFICIE (m2)	POTENCIA UNITARIA (W o W/m²)	POTENCIA (KW)
UE-1				
INDUSTRIAL	PARCELA 1	43.477,68	50,00	2.173,88



La autenticidad de este documento se puede comprobar con el código 07E70025106B00V4B5A5X1S3L4 en la web del Ayto. Antequera

FIRMANTE - FECHA
CARMEN MARIA CAMPOS BARON-SECRETARIA ACCTAL. - 04/07/2023
serialNumber=S2833002E,CN=Sello de tiempo TS@ - @firma,OU=Secretaría General de Administración Digital,O=Secretaría de Estado de Función Pública,C=ES - 04/07/2023 13:52:26
APROBACION DEFINITIVA POR JUNTA GOBIERNO LOCAL, EN SESION EXTRAORDINARIA Y URGENTE, DE FECHA 02 DE JUNIO DE 2023

DOCUMENTO: 20232429035
Fecha: 04/07/2023
Hora: 13:52



MEMORIA DE INSTALACIÓN DE ELECTRICA

	PARCELA 3	380.113,07		19.005,65
	PARCELA 8	11.665,46		583,27
	PARCELA 10	9.659,30		482,97
	PARCELA 11	18.548,51		927,43
EQUIPAMIENTO	EQUIPAMIENTO DEPORTIVO	29.041,11	50,00	1.452,06
	EQUIPAMIENTO SOCIAL	14.520,55		726,03
	EQUIPAMIENTO COMERCIAL	14.520,55		726,03
INDUSTRIAL	DEPÓSITOS E INSTALACIONES DE BOMBEO	-	-	150,00
VIALES	ALUMBRADO PÚBLICO UE-1	71.726,70	1,50	107,59

POTENCIA TOTAL EN PARCELAS (KW)	26.334,90
---------------------------------	-----------

POTENCIA TOTAL EN CCTT (KW)	26.334,90
-----------------------------	-----------

POTENCIA LÍNEA MT (KW)	21.067,92
------------------------	-----------

POTENCIA LÍNEA MT (KVA)	24.785,79
-------------------------	-----------

USO	PARCELA	SUPERFICIE (m2)	POTENCIA UNITARIA (W o W/m²)	POTENCIA (KW)
UE-2				
INDUSTRIAL	PARCELA 2	47.467,95	50,00	2.373,40
	PARCELA 4	16.707,97		835,40
	PARCELA 5	37.632,02		1.881,60
	PARCELA 6	88.460,34		4.423,02
	PARCELA 7	162.910,01		8.145,50
	PARCELA 9	119.968,35		5.998,42
INDUSTRIAL	DEPÓSITOS E INSTALACIONES DE BOMBEO	-	-	150,00
VIALES	ALUMBRADO PÚBLICO UE-2	109.440,00	1,50	164,16

POTENCIA TOTAL EN PARCELAS (KW)	23.971,49
---------------------------------	-----------

POTENCIA TOTAL EN CCTT (KW)	23.971,49
-----------------------------	-----------

POTENCIA LÍNEA MT (KW)	19.177,19
------------------------	-----------

POTENCIA LÍNEA MT (KVA)	22.561,40
-------------------------	-----------

8.2 JUSTIFICACIÓN POTENCIAS A SUMINISTRAR POR ANILLOS DE MT

RED DE MT	Potencia(kW)	Parcela a la que da servicio

MEMORIA DE INSTALACIÓN DE ELECTRICA

ANILLO 1		
	2.173,88	Suministra a Parcela 1
	6.335,22	Suministra a Parcela 3-C1 (33% Pot Total)
	128,80	Suministra a alumbrado e instalaciones aux
Total Pot BT	8.637,90	
Total Pot Línea MT	6.910,32	
ANILLO 2		
	6.335,22	Suministra a Parcela 3-C2 (33% Pot Total)
	1.452,06	Suministra a deportiva
	726,03	Suministra a social
	726,03	Suministra a comercial
Total	9.239,33	
Total Pot Línea MT	7.391,46	
ANILLO 3		
	6.335,22	Suministra a Parcela 3- C3 (33% Pot Total)
	583,27	Suministra a parcela 8
	482,97	Suministra a parcela 10
	927,43	Suministra a parcela 11
	128,80	Suministra a alumbrado e instalaciones aux
Total	8.457,68	
Total Pot Línea MT	6.766,14	



07E70025106B00V4B5A5X1S3L4

CAPÍTULO 2.- PROYECTO LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN SEGÚN “DYZ10000”

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento constituye la memoria del Proyecto de línea subterránea de Media Tensión del CENTRO LOGÍSTICO DE ANTEQUERA, 2ª FASE, acorde a los proyectos Tipo de ENDESA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, (en adelante EDE), aplicable al diseño de Líneas Subterráneas de Media Tensión de tensión nominal igual o inferior a 30 kV (3ª categoría).

2 OBJETO

El Proyecto Tipo (en adelante PT) tiene por finalidad establecer y justificar las características generales de diseño, cálculo y construcción que deben reunir las Líneas Subterráneas de Media Tensión (en adelante LSMT) destinadas a formar parte de las redes de distribución de EDE en el territorio español, siendo de aplicación tanto para las instalaciones construidas por EDE como para las instalaciones de nueva construcción promovidas por terceros y cedidas a EDE, siendo este caso el de aplicación al presente documento.

Las instalaciones que se proyecten con alguna variación respecto al presente proyecto tipo, requerirán una justificación por parte del proyectista y el acuerdo previo con EDE.

El Presente Proyecto redactado acorde al Proyecto Tipo servirá de base para la ejecución de las obras por parte de EDE, y para elaborar el proyecto simplificado que se diligenciará ante la Administración competente para la tramitación de las preceptivas Autorización Administrativa Previa y Autorización Administrativa de construcción de cualquier LSMT. En dicho proyecto se incluirán las características particulares de la instalación y se hará constar que su diseño se ha realizado de acuerdo al presente PT

3 REGLAMENTACIÓN

Para la redacción del presente Proyecto Tipo se ha tenido en cuenta la siguiente reglamentación vigente:

- o Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, que regula las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- o Real Decreto. 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- o Ley 24/2013 de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- o Real Decreto. 223/2008 de 15 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en las líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- o Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- o Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).
- o Orden FOM/1382/2002, de 16 mayo, por la que se actualizan determinados artículos del pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes a la construcción de explanaciones, drenajes y cimentaciones.
- o Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL)
- o Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- o Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

RED DE MT	Potencia(kW)	Parcela a la que da servicio
ANILLO 4		
	2.373,40	Suministra a Parcela 2
	835,40	Suministra a Parcela 4
	1.881,60	Suministra a parcela 5
	232,08	Suministra a alumbrado e instalaciones aux
Total Pot BT	5.322,48	
Total Pot Línea MT	4.257,98	
ANILLO 5		
	4.423,02	Suministra a parcela 6
	4.887,30	Suministra a parcela 7- C1 (60% Pot Total)
Total	9.310,32	
Total Pot Línea MT	7.448,25	
ANILLO 6		
	3.258,20	Suministra a parcela 7- C2 (40% Pot Total)
	5.998,42	Suministra a parcela 9
	82,08	Suministra a alumbrado e instalaciones aux
Total	9.338,70	
Total Pot Línea MT	7.470,96	



- o Normas UNE de obligado cumplimiento según se desprende de los Reglamentos y sus correspondientes revisiones y actualizaciones.
- o Normas UNE, que no siendo de obligado cumplimiento, definan características de elementos integrantes de las LSMT.
- o Otras reglamentaciones o disposiciones administrativas nacionales, autonómicas o locales vigentes de obligado cumplimiento no especificadas que sean de aplicación.
- o Real Decreto 1048/2013, por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de la distribución de energía eléctrica.
- o Orden IET/2660 / 2015, de 11 de diciembre, por la que se aprueban las instalaciones tipo y los valores unitarios de referencia de inversión, de operación y mantenimiento por elemento de inmovilizado.
- o Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- o Ley 21/2013 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- o Reglamento Europeo de Productos de Construcción (UE) Nº 305/2011 por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción.

4 DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

4.1 DOCUMENTOS EDE DE REFERENCIA INFORMATIVA

Las normas o especificaciones EDE de referencia informativa establecen las características técnicas de los materiales que forman parte de la red de distribución, con el objeto de homogeneizar la red para garantizar la seguridad en la operación, y conseguir una fiabilidad que asegure la calidad del suministro. Cuando estos documentos estén aprobados por la Administración competente resultarán de obligado cumplimiento para los componentes de la red de distribución, por lo tanto mientras no estén aprobados se podrán admitir otros materiales1 acordes a la reglamentación vigente y a las prescripciones contenidas en las Especificaciones o proyectos tipo de EDE ya aprobados.

Las normas de referencia informativas listadas a continuación se pueden consultar en la página web www.endesadistribucion.es

A título informativo, en la web de EDE se localiza igualmente, un documento con el listado de materiales aceptados para la red de distribución.

- DND001 Cables aislados para redes aéreas y subterráneas de Media Tensión hasta 30 kV.
- GSCC004 12/20(24) kV and 18/30(36) kV cold shrink compact joints for MV underground cables.
- GSCC005 12/20(24) kV and 18/30(36) kV cold shrink terminations for MV.
- GSCC006 12/20(24) kV and 18/30(36) kV separable connectors for MV cables.
- AND0015 Pararrayos de Óxidos Metálicos sin explosores para redes de MT hasta 36 kV.
- CNL002 Tubos Polietileno (Libres de halógenos) para canalizaciones subterráneas.
- NNH001 Arquetas Prefabricadas para Canalizaciones Subterráneas.
- NMH00100 Guía de Montaje e Instalación de Arquetas Prefabricadas de Poliéster, Polietileno o Polipropileno para Canalizaciones Subterráneas.
- NNH00200 Marcos y tapas de fundición para canalizaciones subterráneas.

4.2 DOCUMENTOS UNE, EN E IEC DE CONSULTA

UNE 21021 Piezas de conexión para líneas eléctricas hasta 72,5 kV.

- UNE-EN 60099 Pararrayos.
- UNE 211620 Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido y pantalla de tubo de aluminio de tensión asignada desde 3,6/6(7,2) kV hasta 20,8/36(42) kV.
- UNE-EN 50102 Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).

- UNE-EN 50180 Pasatapas para transformadores sumergidos en líquido para tensiones comprendidas entre 1 kV y 52 kV y de 250 A a 3,15 kA.
- UNE-EN 50181 Pasatapas enchufables para equipos distintos a transformadores rellenos de líquido para tensiones superiores a 1 kV y hasta 52 kV y de 250 A a 2,5 kA.
- UNE-EN 60228 Conductores de cables aislados.
- UNE-EN 61238 Conectores mecánicos y de compresión para cables de energía de tensiones asignadas hasta 36 kV (Um=42 kV).
- UNE-HD 620-10E Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,6/6(7,2) kV hasta 20,8/36(42) kV inclusive. Parte 10: Cables unipolares, tripolares y unipolares reunidos con aislamiento de XLPE.
- UNE-HD 629-1 Prescripciones de ensayo para accesorios de utilización en cables de energía de tensión asignada de 3,6/6(7,2) kV hasta 20,8/36(42) kV. Parte 1: Cables con aislamiento seco.
- UNE 211027 Accesorios de conexión. Empalmes y terminaciones para redes subterráneas de distribución con cables de tensión asignada hasta 18/30 (36 kV).
- UNE-EN 61442 Métodos de ensayo para accesorios de cables eléctricos de tensión asignada de 6 kV (Um = 7,2 kV) a 36 kV (Um = 42 kV).

5 CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

Las líneas objeto del presente PT, a efectos reglamentarios, se considerarán de tercera categoría.

Las líneas principales serán de sección uniforme y adecuada a las características de carga de la línea. Igualmente, las derivaciones serán de sección uniforme en todo su recorrido.

En el trazado de las líneas subterráneas se cumplirán las distancias reglamentarias establecidas en la ITC-LAT 06, así como las que puedan establecer otros organismos y/o empresas de servicios afectadas por el trazado que se pueda proyectar.

Las LSMT estarán integradas en redes trifásicas de hasta 30 kV y frecuencia nominal 50 Hz. La tensión nominal de la LSMT vendrá determinada por la red a la que se conecte.

Para la definición de tensión más elevada y niveles de aislamiento del material a utilizar se establecen los parámetros de la **Tabla 1.**

Tabla 1. Nivel de aislamiento del material

Tensión nominal de la red Un (kV)	Tensión nominal cables y accesorios U0/U (kV eficaces)	Tensión más elevada cable y accesorios Um (kV eficaces)	Tensión soportada nominal a frecuencia industrial (kV eficaces)	Tensión de choque Soportada nominal (tipo rayo) (kV de cresta)
U ≤ 20	12/20	24	50	125
20 < U ≤ 30	18/30	36	70	170

U Tensión asignada eficaz a 50 Hz entre dos conductores cualesquiera para la que se han diseñado el cable y sus accesorios.

Un Tensión nominal eficaz a 50 Hz de la red.

U0 Tensión asignada eficaz a 50 Hz entre cada conductor y la pantalla de cable para la que se han diseñado el cable y sus accesorios.

Um Tensión más elevada para el material a 50 Hz entre dos conductores cualesquiera.



6 ELEMENTOS DE LAS LÍNEAS SUBTERRÁNEAS DE MT

6.1 CABLE AISLADO DE POTENCIA

Los cables a utilizar en las redes subterráneas de media tensión objeto del presente proyecto tipo serán cables subterráneos unipolares de aluminio, con aislamiento seco termoestable (polietileno reticulado XLPE), con pantalla semiconductora sobre conductor y sobre aislamiento y con pantalla metálica de aluminio.

Se ajustarán a lo indicado en las normas UNE-HD 620-10E, UNE 211620, ITC-LAT-06 y se tomará como referencia la norma informativa **DND001 Cables aislados para redes aéreas y subterráneas de Media Tensión hasta 30 kV.**

Los circuitos de las líneas subterráneas de media tensión se compondrán de tres conductores unipolares y de las características que se indican en la **Tabla 2.**

Tabla 2. Características de los cables subterráneos

Características	Valores
Nivel de aislamiento	12/20 o 18/30 KV
Naturaleza del conductor	Aluminio
Sección del conductor	150, 240 o 400 mm ²

Las líneas objeto del presente PT, se consideran, a efectos reglamentarios, de tercera categoría.

Las líneas principales serán de sección uniforme y adecuada a las características de carga de la línea. Igualmente, las derivaciones serán de sección uniforme en todo su recorrido.

En el trazado de las líneas subterráneas se cumplirán las distancias reglamentarias establecidas en la ITC LAT 06, así como las que puedan establecer otros organismos y/o empresas de servicios afectados por el trazado que se pueda proyectar.

Las LSMT estarán integradas en redes trifásicas de hasta 30 kV y frecuencia nominal 50 Hz. La tensión nominal de la LSMT vendrá determinada por la red a la que se conecte.

Para la línea de media tensión, se han previsto cables de Al, de sección 240 mm², y protección 12/20 V.

El cable a utilizar admite al aire a 40° C, una intensidad de 435 A y enterrado a 25° C, una intensidad de 415 A. La elección del cable se ha hecho a partir de la siguiente consideración:

La potencia total a instalar en la urbanización es:

	UE-1	UE-2
POTENCIA TOTAL EN PARCELAS (KW)	26.334,90	23.971,49
Coeficiente de simultaneidad (más de 4 CGP/CT)	1	1
POTENCIA TOTAL EN CCTT (KW)	26.334,90	23.971,49
Cosφ – Factor de potencia	0,85	0,85
POTENCIA TOTAL EN CCTT (KVA)	28.201,76	30.982,24
Coeficiente de simultaneidad (más de 4 CT)	0,8	0,8
POTENCIA LÍNEA MT (KW)	21.067,92	19.177,19
POTENCIA LÍNEA MT (KVA)	24.785,79	22.561,40

Siendo suficiente con una línea de Media tensión para dotar de suministro a la totalidad el sector. Dicha línea deberá cumplir con las siguientes prescripciones:

- Sección **240 mm²**
- Denominación UNE: **RH5Z1 12/20 KV**
- Tensión de prueba: **30.000 V**
- Sección nominal: **240 mm²**
- Aislamiento: **XLPE**
- Radio mínimo de curvatura: **810 mm**
- Cubierta: **Poliolefina color rojo libre de halógenos**
- Tensión máxima de utilización: **36 KV**
- Intensidad máxima admisible enterrado 20°C: **320 A**
- Tensión de ensayo: **70 kV**
- Límite térmico de la pantalla: **105° C (250 en cc)**
- Radio mínimo de curvatura: **620 mm**
- Espesor radial aislamiento: **6,4 mm**
- Espesor mínimo de cubierta: **2,0 mm**
- Diámetro exterior aproximado: **40,5 mm**
- Peso aproximado: **1.690 kg/km**
- Resistencia máxima a 20°C: **0,125 Ω/m**
- Capacidad: **0,229 μF/km**
- Coeficiente de autoinducción: **0,114 Ω/km**

6.2 TERMINACIONES

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

Terminaciones convencionales contráctiles o enfilables en frío, tanto de exterior como de interior:

Se utilizarán estas terminaciones para la conexión a instalaciones existentes con celdas de aislamiento al aire o en las conversiones aéreo-subterráneas. Estas terminaciones serán acordes a las normas UNE 211027, UNE HD 629-1 y UNE EN 61442. Se tomará como referencia la norma informativa GSCC005 12/20(24) kV and 18/30(36) kV Cold shrink terminations for MV cables.

Conectores separables:

Se utilizarán para instalaciones con celdas de corte y aislamiento en SF6. Serán acordes a las normas UNE-HD629-1 y UNE-EN 61442. Se tomará como referencia la norma informativa GSCC006 12/20(24) kV and 18/30(36) kV Separable connectors for MV cables

6.3 EMPALMES

Los empalmes serán adecuados para el tipo de conductores empleados y aptos igualmente para la tensión de servicio.

En general se utilizarán siempre empalmes contráctiles en frío, tomando como referencia las normas UNE: UNE211027, UNE-HD629-1 y UNE-EN 61442 y la norma informativa GSCC004 12/20(24) kV and 18/30(36) kV cold shrink compact joints for MV underground cables.

En aquellos casos en los que requiera el uso de otro tipo de empalmes (cables de distintas tecnologías, etc.) será necesario el acuerdo previo de ED.



6.4 PARARRAYOS

Los pararrayos se ajustarán a la norma UNE-EN 60099. Se tomará como referencia la norma informativa GE AND0015 Pararrayos de Óxidos Metálicos sin explosores para redes de MT hasta 36 kV.

No es de aplicación el presente apartado, al no llevar pararrayos.

7 CANALIZACIÓN SUBTERRÁNEA

7.1 DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO

Las canalizaciones, salvo casos de fuerza mayor, se ejecutarán por terrenos de dominio público, bajo las aceras o calzadas, preferentemente bajo las primeras y se evitarán ángulos pronunciados. El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales.

Solamente en casos excepcionales se realizará la instalación en zonas de propiedad privada y será con servidumbre garantizada. Esto implica que, además de las condiciones de carácter general, se gestionarán y obtendrán, en cada caso, las condiciones especiales, técnicas y jurídicas, que garanticen el acceso permanente a las instalaciones para su explotación y mantenimiento, así como para atender el suministro de futuros clientes.

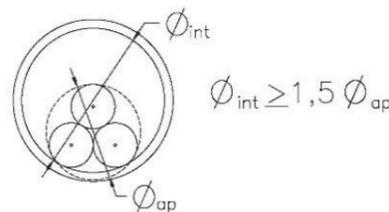
Al marcar el trazado de las zanjas, se tendrán en cuenta los radios de curvatura mínimos, fijados por los fabricantes.

En la etapa de proyecto, se deberá consultar con las empresas de servicio público y con los posibles propietarios de servicios para conocer la posición de sus instalaciones en la zona afectada. Una vez conocida, antes de proceder a la apertura de las zanjas, se abrirán catas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto en el proyecto.

Las líneas se enterrarán bajo tubo de 200 mm de diámetro exterior, a una profundidad mínima de 70 cm en aceras y tierra y 90 cm en calzadas, medidos desde la parte superior del tubo al pavimento. Poseerán una resistencia suficiente a las solicitaciones a las que se han de someter durante su instalación tomando como referencia la norma informativa CNL002 Tubos Polietileno (Libres de halógenos) para canalizaciones subterráneas.

El diámetro interior del tubo no será inferior a 1,5 veces el diámetro aparente del haz de conductores.

Figura 1. Relación entre el diámetro interior del tubo y el diámetro aparente del haz de cables



Cuando existan impedimentos que no permitan conseguir las anteriores profundidades, éstas podrán reducirse si se añaden protecciones mecánicas suficientes, tal y como se especifica en la ITC-LAT-06.

Se deberá prever siempre, al menos, un tubo de reserva en cada zanja. Este tubo quedará a disposición de las necesidades de distribución hasta su agotamiento.

Deberán disponerse las arquetas suficientes que faciliten la realización de los trabajos de tendido pudiendo ser arquetas ciegas o con tapas practicables. También podrán realizarse catas abiertas para facilitar los trabajos de tendido.

Las canalizaciones podrán llevar tetratubos de control ubicados encima de los tubos eléctricos. Esta canalización, tendrá continuidad en todo su recorrido, al objeto de facilitar el tendido de los cables de control, incluido en las arquetas y calas de tiro si las hubiera. Las derivaciones de cable de fibra óptica se realizarán en arquetas independientes a las de la red eléctrica.

En los Anexos, planos de detalle de las canalizaciones subterráneas de MT, pueden verse las distintas secciones de zanjas, con el detalle de sus disposiciones.

El trazado propuesto discurre bajo acera y zona de aparcamientos, con arquetas a disponer en zonas libres.

7.2 ARQUETAS

Las arquetas prefabricadas tomarán como referencia la norma informativa **NNH001 Arquetas Prefabricadas para Canalizaciones Subterráneas**. El montaje de las arquetas de material plástico se realizará tomando como referencia el documento informativo **NMH00100 Guía de Montaje e Instalación de Arquetas Prefabricadas de Poliéster, Polietileno o Polipropileno para Canalizaciones Subterráneas**.

Se pueden construir de ladrillo, sin fondo para favorecer la filtración de agua, siendo sus dimensiones las indicadas en los planos.

En la arqueta, los tubos quedarán como mínimo a 25 cm por encima del fondo para permitir la colocación de rodillos en las operaciones de tendido. Una vez tendido el cable, los tubos se sellarán con material expansible, yeso o mortero ignífugo de forma que el cable quede situado en la parte superior del tubo. La situación de los tubos en la arqueta será la que permita el máximo radio de curvatura.

Las arquetas ciegas se rellenarán con arena. Por encima de la capa de arena se rellenará con tierra cribada compactada hasta la altura que se precise en función del acabado superficial que le corresponda.

Se han estudiado en la redacción del presente PT, el número de arquetas y su distribución, en base a las características del cable y, sobre todo, al trazado, cruces, obstáculos, cambios de dirección, etc., que serán realmente los que determinarán las necesidades para hacer posible el adecuado tendido del cable.

8 CRUZAMIENTOS, PROXIMIDADES Y PARALELISMOS

Los cables subterráneos deberán cumplir los requisitos señalados en el apartado 5 de la ITC-LAT 06, las correspondientes Especificaciones Particulares de EDE aprobadas por la Administración y las condiciones que pudieran imponer otros órganos competentes de la Administración o empresas de servicios, cuando sus instalaciones fueran afectadas por tendidos de cables subterráneos de MT.

Cuando no se puedan respetar aquellas distancias, deberán añadirse las protecciones mecánicas especificadas en el propio reglamento.

En la **Tabla 3** se resumen las distancias entre servicios subterráneos para cruces, paralelismos y proximidades



Tabla 3. Resumen de distancias entre servicios subterráneos para cruces, paralelismos y proximidades es la del reglamento

Instalaciones u obstáculos	Cruzamientos	Paralelismos	Condiciones
Calles y carreteras	La profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie será: ≥ 0,60 m El cruce será perpendicular al vial, siempre que sea posible		Los cables se colocaran en canalizaciones entubadas hormigonadas en toda su longitud.
Ferrocarriles	La profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie, respecto a la cara inferior de la traviesa, será: ≥ 1,10 m El cruce será perpendicular a la vía, siempre que sea posible. La canalización rebasará la vía férrea en 1,5 m por cada extremo.		Los cables se colocaran en canalizaciones entubadas hormigonadas en toda su longitud
Otros cables de energía eléctrica	Distancia entre cables: ≥ 0,25 m La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 m.	Distancia entre cables de MT de una misma empresa: ≥ 0,20 m Distancia entre cables de MTy BT o MT de diferentes empresas: ≥ 0,25 m	Cuando no pueda respetarse alguna de estas distancias, el cable que se tienda en último lugar se dispondrá separado mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica.
Cables de telecomunicación	Distancia entre cables: ≥ 0,20 m La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 m.	Distancia entre cables: ≥ 0,20 m	Cuando no pueda respetarse alguna de estas distancias, el cable que se tienda en último lugar se dispondrá separado mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica.
Canalizaciones de agua	Distancia entre cables y canalización: ≥ 0,20 m	Distancia entre cables y canalización: ≥ 0,20 m	Cuando no pueda respetarse alguna de estas

Instalaciones u obstáculos	Cruzamientos	Paralelismos	Condiciones
	Se evitara el cruce por la vertical de las juntas de la canalización de agua. La distancia del punto de cruce a los empalmes o a las juntas será superior a 1 m.	En arterias importantes esta distancia será de 1 m como mínimo. Se procurará mantener dicha distancia en proyección horizontal y que la canalización del agua quede por debajo del nivel del cable. La distancia mínima entre empalmes y juntas será de 1 m.	distancias, el cable que se tienda en último lugar se dispondrá separado mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica.
Canalizaciones y acometidas de gas	Distancia entre cables y canalización: Sin protección suplementaria ≥ 0,40 m Con protección suplementaria ≥ 0,25 m En caso de canalización entubada, se considerará como protección suplementaria el propio tubo. La distancia mínima entre los empalmes de cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de gas será de 1 m.	Distancia entre cables y canalización: Sin protección suplementaria AP ≥ 0,40 m MP y BP ≥ 0,25 m Con protección suplementaria AP ≥ 0,25 m MP y BP ≥ 0,15 m La distancia mínima entre empalmes y juntas será de 1 m. AP, Alta presión, > 4 bar. MP y BP, Media y baja presión, ≤ 4 bar.	
Canalizaciones y acometida interior de gas	Distancia entre cables y canalización: Sin protección suplementaria ≥ 0,40 m MP y BP ≥ 0,20 m Con protección suplementaria ≥ 0,25 m En caso de canalización entubada, se considerará como protección suplementaria el propio tubo. AP ≥ 0,25 m MP y BP ≥ 0,10 m AP, Alta presión, > 4 bar. MP y BP, Media y baja presión, ≤ 4 bar	Distancia entre cables y canalización: Sin protección suplementaria AP ≥ 0,40 m MP y BP ≥ 0,25 m Con protección suplementaria AP ≥ 0,25 m MP y BP ≥ 0,10 m La distancia mínima entre empalmes y juntas será de 1 m. AP, Alta presión, > 4 bar. MP y BP, Media y baja presión, ≤ 4 bar.	
Conducciones de alcantarillado	Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado.		Cuando no sea posible, el cable se pasará por debajo y se dispondrán separados



Instalaciones u obstáculos	Cruzamientos	Paralelismos	Condiciones
			mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica.
Depósitos de carburante	La distancia de los tubos al depósito será: ≥ 1,20 m La canalización rebasará al depósito en 2 m por cada extremo.		Los cables de MT se dispondrán dentro de tubos o conductos de suficiente resistencia mecánica.
Acometidas o Conexiones de servicio a un edificio	Distancia entre servicios: ≥ 0,30 m		Cuando no pueda respetarse esta distancia, la conducción que se establezca en último lugar se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica. La entrada de las conexiones de servicio a los edificios, tanto de BT como de MT, deberá taponarse hasta conseguir una estanqueidad perfecta

El Plan definirá la evaluación de los riesgos existentes en cada fase del proyecto y los medios dispuestos para velar por la prevención de riesgos.

Para la ejecución de las redes de MT, se observará el cumplimiento del Plan de Seguridad y Salud de los trabajos de urbanización que se engloba esta instalación.

9 CONVERSIONES DE LÍNEA AÉREA A SUBTERRÁNEA

No procede en el presente PT.

10 PUESTA A TIERRA

Las pantallas metálicas de los cables de Media Tensión se conectarán a tierra en cada uno de sus extremos.

11 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD. PLAN DE SEGURIDAD

Durante la construcción e instalación de la LSMT, se deberán aplicar las prescripciones e instrucciones de seguridad descritas en la legislación vigente, así como los criterios de seguridad que se establezcan en el Estudio de Seguridad y Salud que la Dirección de Obra ha formalizado para las presentes obras de urbanización.



CAPÍTULO 3.- PROYECTO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN INTERIOR PREFABRICADO SEGÚN “FYZ 300000”

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento constituye la Memoria del Proyecto de Transformador Interior en edificio prefabricado, según Tipo de ENDESA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA (en adelante EDE), aplicable al diseño de Centros de Transformación de distribución de tipo interior, en edificio prefabricado de superficie.

2 OBJETO

El Proyecto Tipo (en adelante PT) tiene por finalidad establecer y justificar las características generales de diseño, cálculo y construcción que deben reunir los Centros de Transformación de tipo interior, en edificio prefabricado en superficie, de hasta 30 kV, destinados a formar parte de las redes de distribución de EDE en el territorio español, siendo de aplicación tanto para las instalaciones construidas por EDE como para las instalaciones de nueva construcción promovidas por terceros y cedidas a EDE.

Las instalaciones que se proyecten con alguna variación respecto al presente PT, necesitarán una justificación por parte del proyectista y el acuerdo previo con EDE.

El Proyecto Tipo servirá de base para la ejecución de las obras por parte de EDE y de terceros, para elaborar el *proyecto simplificado* que se diligenciará ante la Administración competente para la tramitación de las preceptivas Autorización Administrativa previa y Autorización Administrativa de construcción de cualquier Centro de Transformación. En dicho proyecto se incluirán las características particulares de la instalación, su contenido será según se indica en el apartado “Contenido del proyecto simplificado” del presente PT y se hará constar en el mismo que su diseño se ha realizado de acuerdo al presente PT.

3 REGLAMENTACIÓN

Para la redacción del presente PT se ha tenido en cuenta la siguiente reglamentación vigente:

- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, que regula las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto. 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Ley 24/2013 de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto. 223/2008 de 15 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en las líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.
- Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).
- Orden FOM/1382/2002, de 16 mayo, por la que se actualizan determinados artículos del pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes a la construcción de explanaciones, drenajes y cimentaciones.

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL)
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Normas UNE de obligado cumplimiento según se desprende de los Reglamentos y sus correspondientes revisiones y actualizaciones.
- Normas UNE, que no siendo de obligado cumplimiento, definan características de elementos integrantes de los CT.
- Otras reglamentaciones o disposiciones administrativas nacionales, autonómicas o locales vigentes de obligado cumplimiento no especificadas que sean de aplicación.
- Real Decreto 1048/2013, por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de la distribución de energía eléctrica.
- Orden IET/2660/2015, de 11 de diciembre, por la que se aprueban las instalaciones tipo y los valores unitarios de referencia de inversión, de operación y mantenimiento por elemento de inmovilizado.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- Ley 21/2013 de 9 de diciembre, de evaluación ambiental
- Reglamento Europeo de Productos de Construcción (UE) N° 305/2011 por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción.
- Reglamento Europeo 548/2014 (UE) de 21 de mayo de 2014 por el que se desarrolla la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta a los transformadores de potencia pequeños, medianos y grandes.

4 DOCUMENTO DE REFERENCIA

4.1 DOCUMENTOS EDE DE REFERENCIA INFORMATIVA

Las normas o especificaciones EDE de referencia informativas establecen las características técnicas de los materiales que forman parte de la red de distribución, con el objeto de homogeneizar la red para garantizar la seguridad en la operación, y conseguir una fiabilidad que asegure la calidad del suministro. Cuando estos documentos estén aprobados por la Administración competente resultarán de obligado cumplimiento para los componentes de la red de distribución, por lo tanto mientras no estén aprobados se podrán admitir otros materiales1 acordes a la reglamentación vigente y a las prescripciones contenidas en las Especificaciones o proyectos tipo de EDE ya aprobados.

Las normas de referencia informativas listadas a continuación se pueden consultar en la página web www.endesadistribucion.es.

A título informativo, en la web de EDE se localiza igualmente, un documento con el **listado de materiales aceptados para la red de distribución**.

- FGC002 Guía técnica del sistema de protecciones de la red MT.
- FNH001 CC.TT prefabricados de hormigón tipo superficie.
- FNL002 Cuadro de distribución en BT con conexión de Grupo para CC.TT



- NNL012 Bases III verticales para fusibles BT tipo cuchilla con extintor arco
- NZZ0090 Mapas Climáticos: Contaminación salina e industrial.
- GSCB001 12V VRLA Accumulators for Powering Remote-Control Device of Secondary Substations.
- GSCL001 Electrical Control Panel Auxiliary Services of Secondary Substations.
- DND001 Cables aislados para redes aéreas y subterráneas de Media Tensión hasta 30 kV"
- GSM001 MV RMU with Switch-Disconnecter.
- GST001 MV/LV Transformers.
- GSTR001 Remote Terminal Unit for secondary substations.
- GSPT001 RGDAT-A70.
- CNL001 Cables Unipolares para Redes Subterráneas de Distribución BT de tensión asignada 0,6/1 kV.
- GSCC005 12/20(24) kV and 18/30(36) kV Cold shrink terminations for MV cables.
- GSCC006 12/20(24) kV and 18/30(36) kV Separable connectors for MV cables.
- DND004E Terminaciones unipolares de uso interior y exterior para cables MT 12/20 kV con aislamiento extruido.
- DND005E Conectores separables de cono externo In = 250 A / In = 400 A para cables MT con aislamiento extruido.
- CNL002 Tubos de polietileno (libres de halógenos) para canalizaciones subterráneas.
- NNZ035 Picas cilíndricas para puesta a tierra.

Se deberá entregar copia de los certificados y ensayos que demuestren que estos materiales cumplen los reglamentos y las normas de obligado cumplimiento

4.2 DOCUMENTOS UNE, EN E IEC DE CONSULTA

- UNE-EN 60076-1 Transformadores de potencia. Parte 1: Generalidades.
- UNE-EN 60076-2 Transformadores de potencia. Parte 2: Calentamiento de transformadores sumergidos en líquido.
- UNE 21021 Piezas de conexión para líneas eléctricas hasta 72,5 kV.
- UNE 21120 Fusibles de alta tensión. Parte 2: Cortacircuitos de expulsión.
- UNE-EN 60099 Pararrayos. Parte 4: Pararrayos de óxido metálico sin explosores para sistemas de corriente alterna
- UNE 60129 Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.

- UNE-EN 50182 Conductores para líneas eléctricas aéreas. Conductores de alambres redondos cableados en canas concéntricas

5 CT EDIFICIO PREFABRICADO EN SUPERFICIE

Con carácter general, se tomarán como referencia las especificaciones recogidas en la norma informativa **FNH001 CC.TT prefabricados hormigón tipo superficie.**

5.1 UBICACIÓN Y ACCESOS

La ubicación del CT será determinada teniendo en cuenta el cumplimiento de las condiciones de seguridad, del mantenimiento de las instalaciones y de la garantía de servicio. Se establecerá atendiendo a los siguientes aspectos:

- El emplazamiento elegido del CT deberá permitir el tendido, a partir de él, de todas las canalizaciones subterráneas previstas, de entrada y salida al CT, hasta las infraestructuras existentes a las que quede conectado.
- El nivel freático más alto se encontrará 0,30 m por debajo del nivel inferior de la solera más profunda del CT.
- Como norma general se accederá al CT directamente desde la calle o vial público, de manera que sea posible la entrada de personal y materiales. Excepcionalmente, el acceso será desde una vía privada con la correspondiente servidumbre de paso que garantice el acceso libre y permanente al CT.
- En cualquier caso, se deberá disponer de los correspondientes permisos de paso de líneas de MT y BT, de implantación de instalaciones y demás servidumbres asociadas, otorgados por el titular de los terrenos.
- El acceso al interior del CT será exclusivo para el personal de EDE o empresas autorizadas. Este acceso estará situado en una zona que, incluso con el CT abierto, deje libre permanentemente el paso a bomberos, servicios de emergencia, salidas de urgencias o socorro, etc.
- Las vías para los accesos de materiales deberán permitir el transporte, en camión, de los transformadores y demás elementos integrantes del CT, hasta el lugar de ubicación del mismo.
- Los espacios correspondientes a ventilaciones y accesos cumplirán con las distancias reglamentarias y condiciones de la ITC-RAT 14 "Instalaciones Eléctricas de Interior" y lo establecido en el documento básico HS3 "Calidad de Aire Interior" del Código Técnico de la Edificación.
- No se podrán instalar estos centros en zonas inundables, y además se comprobará que el tramo del vial de acceso al local destinado a centro de transformación, no se halla en un fondo o badén, que eventualmente pudiera resultar inundado por fallo de su sistema de drenaje.

5.2 DIMENSIONES

Las dimensiones del CT deberán permitir:

- El movimiento e instalación en su interior de los elementos y maquinaria necesarios para la realización adecuada de la instalación.
- Ejecutar las maniobras propias de su explotación en condiciones óptimas de seguridad para las personas que lo realicen, según la ITC-RAT 14.
- El mantenimiento del material, así como la sustitución de cualquiera de los elementos que constituyen el mismo sin necesidad de proceder al desmontaje o desplazamiento del resto.



La instalación de los equipos indicados en las normativas de envolventes referidas.

6 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LAS INSTALACIÓN

6.1 CONFIGURACIÓN ELÉCTRICA

Los CT objeto del presente PT se ajustarán a las siguientes configuraciones:

- Centro de transformación con entrada y salida de línea y un transformador de potencia, con posibilidad de ampliación para una nueva salida de línea. (Plano FYZ30102 Esquema unifilar CT - Esquema A).
- Centro de transformación con entrada y salida de línea y dos transformadores de potencia con posibilidad de ampliación para una nueva salida de línea. (Plano FYZ30102 Esquema Unifilar CT – Esquema B).

6.2 NIVEL DE AISLAMIENTO EN MT

Dependiendo de la tensión nominal de alimentación, excepto para los transformadores de potencia y los pararrayos, la tensión prevista más elevada del material y los niveles de aislamiento serán los fijados en la tabla 1.

Tabla 1. Nivel de aislamiento del material

Tensión nominal de la red Un (kV)	Tensión nominal cables y accesorios U0/U (kV eficaces)	Tensión más elevada cable y accesorios Um (kV eficaces)	Tensión soportada nominal a frecuencia industrial (kV eficaces)	Tensión de choque Soportada nominal (tipo rayo) (kV de cresta)
U ≤ 20	12/20	24	50	125
20 < U ≤ 30	18/30	36	70	170

El aislamiento se dimensionará en función del nivel de tensión de la red proyectada y de los requerimientos indicados en la ITC-RAT 12 de acuerdo a lo señalado en la tabla 1

6.3 NIVEL DE AISLAMIENTO EN BAJA TENSIÓN

A los efectos del nivel de aislamiento, los equipos de BT instalados en los CT con envolvente conectada a la instalación de tierra general, serán capaces de soportar, por su propia naturaleza o mediante aislamiento suplementario, una tensión a frecuencia industrial de corta duración de 10 kV y una tensión de 20 kV a impulsos tipo rayo.

En cuanto a la tensión de servicio de la instalación de BT del CT, se podrán dar los casos recogidos en la [tabla 2](#).

Tabla 2. Tensiones de servicio

Tipo CT	Tensión nominal en BT (V)	Transformador
Monotensión	400	Clase B2
Bitensión	230 y 400	Clase B1B2

6.4 POTENCIAS DE TRANSFORMACIÓN

En general se utilizarán las potencias de 250, 400 y 630 kVA, quedando reservadas el resto para casos en los que haya que atender necesidades especiales, en las que se requerirá consulta previa a EDE.

Tabla 3. Potencias admisibles

Tipo de CT	Tensión nominal en BT (V)	Potencias asignadas (kVA)						
		50	100	160	250	400	630	1000
Monotensión	400 (B2)	X	X	X	X	X	X	X
Bitensión	230 y 400 (B1B2)	X	X	X	X	X	X	-

6.5 INTENSIDAD NOMINAL EN MT

La intensidad nominal del embarrado y la apartada de MT será, en general, de 630 A, tomando como referencia con la norma informativa **GSM001 MV RMU with Switch- Disconnecter**.

6.6 CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO

Los materiales de MT instalados en los CT, deberán ser capaces de soportar las solicitaciones debidas a las corrientes de cortocircuito y los tiempos de duración del defecto que se expresan en la tabla 4.

Tabla 4. Intensidades de cortocircuito admisibles

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 (*)

(*) Cuando las características de la red así lo requieran, se utilizarán celdas cuyas intensidades serán de 20 kA, con valor de cresta.

Para materiales instalados en BT se considerará una Intensidad de cortocircuito admisible (corta duración 1 s) no inferior de 25 kA.a de 50 kA.

7 CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA CIVIL

Las envolventes prefabricadas de hormigón para alojar CT de superficie tomarán como referencia las especificaciones técnicas contenidas en la norma informativa **FNH001 Centros de transformación prefabricados de hormigón tipo superficie**.

7.1 CENTROS PREFABRICADOS EN SUPERFICIE

Los edificios prefabricados para alojar CT de superficie (en adelante EP) podrán ser de tipo monobloque o constituidos por varias piezas o paneles prefabricados de hormigón armado convenientemente ensamblados.



Estarán preparados para albergar toda la apartamentada y equipos de acuerdo a las configuraciones descritas en el apartado 7.1, con tensión máxima del material 24 ó 36 kV y potencia máxima de los transformadores de 1.000 kVA.

7.2 CIMENTACIÓN DE LOS CT PREFABRICADOS

Se construirá una solera de hormigón capaz de soportar los esfuerzos verticales previstos con las siguientes características:

- Estará construida en hormigón armado de 15 cm de grosor con varillas de 4 mm y cuadro 20 x 20 cm.
- Tendrá unas dimensiones tales que abarquen la totalidad de la superficie del EP sobresaliendo 25 cm por cada lado.
- Incorporará la instalación de tubos de paso para las puestas a tierra.
- Sobre la solera, y para que el edificio se asiente correctamente, se dispondrá una capa de arena de 10 cm de grosor.

8 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

8.1 LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN

Las líneas de 3ª Categoría (≤ 30 kV) de alimentación del CT podrán ser aéreas o subterráneas, diseñadas y construidas cumpliendo la reglamentación y normativa vigente que les sea de aplicación y de acuerdo a las correspondientes normas de EDE.

La entrada al CT de las líneas de alimentación se realizará, en todos los casos, mediante cables subterráneos unipolares aislados con aislamiento seco termoestable (polietileno reticulado XLPE), tomando como referencia la norma informativa **DND001 Cables aislados para redes aéreas y subterráneas de Media Tensión hasta 30 kV**, de las características siguientes:

Tabla 5. Características conductores

Características	Valores
Nivel de aislamiento	12/20 ó 18/30 kV
Naturaleza del conductor	Aluminio
Sección del conductor	150, 240 ó 400 mm ²

La temperatura mínima ambiente para ejecutar el tendido del cable será siempre superior a 0°C. El radio de curvatura mínimo durante el tendido será de 20 x D, siendo D el diámetro exterior del cable, y una vez instalado, este radio de curvatura podrá ser como máximo de 15 x D.

8.2 CELDAS DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA

Las celdas de distribución secundaria corresponderán al tipo de celdas bajo envolvente metálica referenciadas en la norma informativa **GSM001 MV RMU with Switch- Disconnecter** para celdas con corte y aislamiento en SF6.

8.2.1 Tipos de celdas

Las celdas pueden estar destinadas a la función de línea (L) o de protección de transformador (P).

CELDA DE LÍNEA

Estará provista de un interruptor-seccionador de corte en carga y un seccionador de puesta a tierra, ambos con dispositivos de señalización de posición que garanticen la ejecución de la maniobra. Asimismo, dispondrá de pasatapas y de detectores de tensión que sirvan para comprobar la correspondencia entre fases y la presencia de tensión.

La celda estará motorizada², de modo que posteriormente sea posible instalar el sistema de telemando con tensión de servicio y sin modificar la posición abierto/cerrado del interruptor.

CELDA DE TRANSFORMADOR

Estará provista de un interruptor-seccionador de corte en carga y dos seccionadores de puesta a tierra con dispositivos de señalización de posición que garanticen la ejecución de la maniobra, bases para los fusibles limitadores, pasatapas y detectores de tensión para comprobar la presencia de tensión.

La fusión de cualquiera de los fusibles provocará la apertura del interruptor-seccionador.

Los centros de transformación CT 5.1 y CT 7.1: 1 ud CELDA COMPACTA CON TRES FUNCIONES DE LÍNEA Y DOS FUNCIONES DE PROTECCIÓN ROTOFUSIBLE (3L2P) NO EXTENSIBLE. Un = 24 kV, Ik=16 kA (1s)

El resto dispondrá de 1 ud CELDA COMPACTA CON DOS FUNCIONES DE LÍNEA Y DOS FUNCIONES DE PROTECCIÓN RUPTOFUSIBLE (2L2P) NO EXTENSIBLE Un = 24 kV, Ik=16 kA (1s).

Para cada función de línea (L): Interruptor-seccionador (SF6) 630 A con mando manual –Seccionador p.a.t. (SF6) indicador de presencia de tensión.

Para cada función de protección ruptofusible (P): Interruptor-Seccionador (SF6) 200A con mando manual-seccionador p.a.t. (SF6)- Bobina de disparo a emisión de tensión (tensión auxiliar 230 Vca)-Tres portafusibles con disparos combinados-Indicador de presencia de tensión, Norma GSM001.

- 2 ud kit para motorización de celda
- 6 ud Borna de línea 36 kV 630 A, conector en T asimétrico atornillable a pasatapas tipo C, apantallado para Cable entre 95/240 MM2, incluye kit de tierra para cable RH5Z1
- 2 ud. CBTG-1600-AC8, cuadro de baja tensión optimizado 8 salidas BTVC, acometida superior homologado para compañía Endesa. Norma FNL002.

8.3 TRANSFORMADORES DE POTENCIA

8.3.1 Transformadores con refrigeración en aceite

Los transformadores tomarán como referencia lo especificado en la norma informativa GST001 MV/LV Transformers.

La refrigeración será por circulación natural del aceite mineral, enfriado a su vez por las corrientes de aire que se producen de forma no forzada alrededor de la cuba. Corresponde a la denominación ONAN según norma UNE-EN 60076-1.

Todos los transformadores deben cumplir la norma UNE-EN 60076-2.

8.3.2 Transformador tipo seco

No procede en el presente PT.



² Siempre y cuando el centro de transformación esté incluido dentro de una zona en la que EDE tenga implementados de forma suficientemente amplia sistemas de telemando y telecontrol sobre su red de distribución o bien haya previsión de que así sea debidamente justificada, por estar solicitada la autorización, incluido en sus planes de inversión, etc, o sea solicitado por el propio cliente. En caso de discrepancia sobre este aspecto, resolverá el Órgano Competente de la Administración

8.4 CABLES Y TERMINALES DE MT PARA CONEXIÓN ENTRE TRANSFORMADOR Y APARAMENTA

Al igual que para las líneas de alimentación, se utilizarán cables unipolares aislados con aislamiento de polietileno reticulado tomando como referencia la norma informativa **DND001 Cables aislados para redes aéreas y subterráneas de Media Tensión hasta 30 kV.**

Se emplearán cables de aluminio de 95 mm² de sección para el caso de tensión más elevada del material 24 kV y de 150 mm² para tensiones de hasta 36 kV.

Para el transformador los terminales podrán ser convencionales o enchufables en función de las características del transformador instalado, tomando como referencia la norma informativa **GST001 MV/LV Transformers.** Para las celdas de MT, serán siempre de tipo enchufable

8.5 PUENTES DE BT

La unión entre las bornas BT del transformador y el cuadro de BT se efectuará por medio de cables aislados unipolares de aluminio del tipo XZ1, con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) de 0,6/1 kV y cubierta de poliolefina, que tomarán como referencia la norma informativa **CNL001 Cables Unipolares para Redes Subterráneas de Distribución BT de tensión asignada 0,6/1 kV.**

La conexión del cuadro de BT con el transformador se hará mediante un puente único, excepto para los transformadores bitensión, en que se instalará un puente independiente para cada tensión.

La composición de los puentes de BT en función de la potencia y la tensión del secundario del transformador se determinan en el capítulo correspondiente del documento "Cálculos Justificativos".

En general, los puentes de BT de los CT prefabricados se instalarán al aire. En caso de instalarse sobre bandejas, preferiblemente serán de PVC y si se disponen sobre bandejas metálicas deberán conectarse a la red de tierra de protección.

8.6 CUADROS DE BT

El CT irá dotado de uno o dos cuadros de distribución de baja tensión (4/8 salidas), cuya función es la de recibir el circuito principal de BT procedente del transformador y distribuirlo en un número determinado de circuitos individuales.

Los cuadros de BT tomarán como referencia lo indicado en la norma informativa **FNL002 Cuadro BT para CT 4/8 salidas CBTG con alimentación de grupo.** Se podrán instalar igualmente cuadros de BT con interruptores automáticos de intensidad y poder de corte adecuados, en lugar de fusibles, para la protección de cada salida de BT.

Las bases portafusibles a utilizar serán del tipo BTVC, tomando como referencia la norma informativa **NNL012 Bases Tripolares Verticales Cerradas para Fusibles de Baja Tensión del Tipo Cuchilla con Dispositivo Extintor de Arco.**

Se instalarán 2 unidades CBTG-1600-AC8, cuadro de baja tensión optimizado 8 salidas BTVC con acometida superior homologado para compañía Endesa. Norma FNL002

8.6.1 Servicios auxiliares

Las conexiones entre el cuadro y los servicios auxiliares se detallan en el plano FYZ30108 Esquema de conexión servicios auxiliares, para el caso de CT telemandado y CT sin telemandar.

En el caso del CT con telemando, la Unidad Periférica para el Telemando se alimenta desde el cuadro de aislamiento según lo referenciado en la norma informativa **GSCL001/1 Electrical Control Panel Auxiliary Services of Secondary Substations.**

8.6.2 Circuito de alumbrado

En los Centros no telemandados, el circuito de alumbrado partirá de uno de los fusibles de la unidad funcional de control del cuadro de BT.

En los Centros telemandados, el circuito de alumbrado se alimentará desde el cuadro de aislamiento, tomando como referencia la norma informativa **GSCL001/1 Electrical Control Panel Auxiliary Services of Secondary Substations** y de acuerdo a lo indicado en el plano **FYZ30108 esquema conexión servicios auxiliares.**

Para el alumbrado interior del CT se instalarán los puntos de luz necesarios para conseguir, al menos, un nivel medio de iluminación de 150 lux.

9 PROTECCIONES

9.1 PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES

En base a lo indicado en la ITC-RAT 09 apartado 4.2.1 referente a la protección de transformadores MT/BT, estos deberán protegerse contra sobreintensidades producidas por sobrecargas o cortocircuitos, ya sean externos en la baja tensión o internos en el propio transformador.

La protección se efectuará limitando los efectos térmicos y dinámicos mediante la interrupción del paso de la corriente, para lo cual se utilizarán cortocircuitos fusibles. La fusión de cualquiera de los fusibles dará lugar a la desconexión trifásica del interruptor- seccionador de protección del transformador. En casos excepcionales podrán utilizarse interruptores automáticos accionados por relés de sobreintensidad.

9.2 PROTECCIÓN TÉRMICA DEL TRANSFORMADOR

Esta protección la provee una sonda que mide la temperatura del aceite en la parte superior del transformador y que provoca el disparo del interruptor-seccionador de la celda de protección de dicho transformador.

Se seguirá lo indicado en la norma UNE-IEC 60076-7 Parte 7 "Guía de carga para transformadores de potencia sumergidos en aceite".

El ajuste de esta sonda será de 105 ° C.

La protección se conectará según lo indicado en el plano FYZ30108 Esquema conexión servicios auxiliares.

9.3 PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITOS

La protección contra eventuales cortocircuitos que puedan producirse entre la celda de protección y el embarrado del cuadro de BT (puentes MT, transformador, puentes y embarrado de BT estará asignada a los fusibles de MT.

Los calibres de los fusibles tipo APR a utilizar son los indicados en la tabla 6.



Tabla 6. Calibres APR

Tensión Red (kV)	6	10	11	13.2	15	20	25	30
50	20	10	10	10	6.3	6.3	5	5
100	32	20	20	16	16	10	6.3	6.3
160	50	32	32	25	20	16	10	10
250	80	50	40	40	32	25	20	16
400	100	63	63	50	50	40	25	20
630	100	100	80	80	63	50	40	32
1.000	-	100	100	80	63	50	40	40

Los cortocircuitos que puedan producirse en las líneas de BT que salen del centro de transformación deberán ser despejados por los fusibles de las líneas BT correspondientes, sin que se vean afectados los del transformador, salvo en su función de apoyo a los de BT

9.4 PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES EN MT

En el caso de existir transición de línea aérea a subterránea para alimentar el CT, se instalará, en el punto de conversión, una protección contra sobretensiones de la aparamenta instalada en el CT mediante pararrayos. La conexión de la línea al pararrayos se hará mediante conductor desnudo de las mismas características que el de la línea. Dicha conexión será lo más corta posible evitando en su trazado las curvas pronunciadas.

Los pararrayos tomarán como referencia la norma informativa **AND015 Pararrayos óxidos metálicos sin explosores redes MT hasta 36 kV.**

10 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

El CT estará provisto de una instalación de puesta a tierra, con objeto de limitar las tensiones de defecto a tierra que puedan producirse en el propio CT.

En general la instalación de puesta a tierra estará formada por dos circuitos independientes: el correspondiente a la tierra general y el de neutro, que se diseñarán de forma que, ante un eventual defecto a tierra, la máxima diferencia de potencial que pueda aparecer en la tierra de servicio sea inferior a 1.000 V. La separación mínima entre los electrodos de los mencionados circuitos se calcula en el Documento Cálculos justificativos

Se podrá prescindir de una red independiente de puesta a tierra de neutro en aquellos casos en los que la intensidad de defecto y la resistencia de puesta a tierra general sean tales que ante un posible defecto a tierra la elevación de potencial en la red de la instalación de puesta a tierra sea inferior a 1.000 V.

Se conectarán al circuito de puesta a tierra general, las masas de MT y BT y más concretamente los siguientes elementos:

- Envolturas y pantallas metálicas de los cables.
- Envolvente metálica de las celdas de distribución secundaria y cuadros de BT.
- Cuba del transformador.
- Bornas de tierra de los detectores de tensión.
- Bornas de puesta a tierra de los transformadores de intensidad de BT.
- Pantallas o enrejados de protección.
- Mallazo equipotencial de la solera.
- Tapas y marco metálico de los canales de cables.

Las rejillas de ventilación y las puertas se instalarán de manera que no estén en contacto con la red de tierra de general del CT.

Al circuito de puesta a tierra de neutro se conectará el neutro de BT del transformador y la barra general de neutro del cuadro de BT.

10.1 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

Para diseñar la instalación de puesta a tierra se utilizará el "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría" elaborado por UNESA.

El método UNESA establece el siguiente procedimiento a seguir para el diseño de la instalación de puesta a tierra de un CT:

- 1.- Investigación de las características del terreno. Se admite la estimación del valor de la resistividad del terreno, con los condicionantes especificados en la ITC-RAT 13, aunque resulta conveniente medirla in situ mediante el método de Wenner.
- 2.- Determinación de la intensidad de defecto a tierra y del tiempo máximo de eliminación del defecto. El cálculo de la intensidad de defecto tiene una formulación diferente según el sistema de instalación de la puesta a tierra del neutro, pudiendo ser:
 - o Neutro aislado.
 - o Neutro unido a tierra.
 - Directamente.
 - Mediante impedancia.
- 3.- Diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra.
- 4.- Cálculo de la resistencia de puesta a tierra.
- 5.- Cálculo de las tensiones de paso en el exterior del CT.
- 6.- Cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior del CT.
- 7.- Comprobación de que las tensiones de paso y contacto son inferiores a los valores máximos admisibles definidos en el ITC-RAT 13 "Instalaciones de puesta a tierra".
- 8.- Investigación de las tensiones transferidas al exterior.
- 9.- Corrección y ajuste del diseño inicial.

En el documento de Cálculos Justificativos del presente Proyecto Tipo se desarrolla el procedimiento de cálculo y justificación de la instalación de puesta a tierra que se aplicará a cada CT en cada proyecto específico.

10.2 ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

Los elementos constituyentes de la instalación de puesta a tierra son los electrodos de puesta a tierra y las líneas de tierra.

10.3 ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA

Dependiendo de las características del CT, la composición de los electrodos podrá estar formada por una combinación de:

- Picas de acero recubierto de cobre de 2 metros de longitud y 14 mm de diámetro, referenciadas en la norma informativa **NNZ035 Picas cilíndricas para puesta a tierra.**
- Conductores enterrados horizontalmente (cable de cobre C-50).



Las picas se hincarán verticalmente quedando su extremo superior a una profundidad no inferior a 0,5 m. En terrenos donde se prevean heladas se aconseja una profundidad mínima de 0,8 m.

Los electrodos horizontales se enterrarán a una profundidad igual a la del extremo superior de las picas.

Se utilizarán electrodos alojados en perforaciones profundas para instalaciones ubicadas en terrenos con una elevada resistividad, o por cualquier otra causa debidamente justificada.

10.4 LÍNEAS DE PUESTA A TIERRA

Las líneas de puesta a tierra se realizarán con conductores de cobre desnudo de una sección mínima de 50 mm² o con conductores de aluminio aislado de 95 mm². Cuando se empleen conductores de aluminio, la unión entre conductores de aluminio y cobre deberá realizarse con los medios y materiales adecuados que podrán ser revisados por EDE para garantizar que se eviten fenómenos de corrosión.

La línea de tierra del neutro estará aislada en todo su recorrido con un nivel de aislamiento 0,6/1kV, de 10 kV eficaces en ensayo de corta duración (1 minuto) a frecuencia industrial y de 20 kV a impulso tipo rayo 1,2/50 kV.

10.5 EJECUCIÓN DE LA PUESTA A TIERRA GENERAL

La puesta a tierra general del CT se ejecutará, siempre que sea posible, mediante un electrodo horizontal formado por cable de cobre desnudo de 50 mm² de sección (C-50) soterrado bajo la solera del CT, de forma cuadrada o rectangular, complementada, si procede, con picas de acero cobreado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro, clavadas en el terreno. En número de picas será el suficiente para conseguir la resistencia a tierra prevista.

En la instalación de la puesta a tierra general y en la conexión de elementos a la misma, se cumplirán las siguientes condiciones:

- La parte de la instalación de la puesta a tierra general que discurre por el interior del CT será revisable visualmente en todo su recorrido.
- Se instalará un borne de conexión y seccionamiento para la medida de la resistencia de tierra en el que será posible la inserción de una pinza amperimétrica para la medición de la corriente de fuga o la continuidad del bucle.
- Los elementos conectados a tierra no estarán intercalados en el circuito como elementos eléctricos en serie, sino que su conexión al mismo se efectuará mediante derivaciones individuales.
- No se unirá a la instalación de puesta a tierra general ningún elemento metálico situado en los perímetros exteriores del CT, tales como puertas de acceso, rejillas de ventilación, etc.
- La pletina de puesta a tierra de las celdas de distribución secundaria se conectará al circuito de tierra general en al menos dos puntos.
- Igualmente, la cuba del transformador se conectará a la puesta a tierra general, por lo menos, en los dos puntos previstos para ello.
- La envolvente del cuadro de BT (cuando sea metálica) estará conectada al circuito de tierra general, mientras que la pletina de conexión del neutro de BT lo estará al circuito de tierra de neutro.

10.6 EJECUCIÓN DE LA PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO

Para la puesta a tierra de neutro se utilizará un electrodo constituido por picas alineadas de acero cobreado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro, clavadas en zanja a una profundidad mínima de 0,5 m.

El número de picas a instalar estará determinado por la condición de que la resistencia de puesta a tierra debe ser inferior a 37Ω.

Al igual que para la puesta a tierra de protección se instalará un borne accesible para la medida de la resistencia de tierra.

La distancia mínima entre los electrodos de puesta a tierra general y de neutro cumplirá la condición de no ser inferior a la obtenida por la fórmula que la determina en el documento de cálculos justificativos.

La línea de tierra se ejecutará con cable de cobre aislado 0,6/1 kV del tipo XZ1 de 50 mm² de sección. Partirá de la pletina de neutro del cuadro de BT y discurrirá, por el fondo de una zanja a una profundidad mínima de 0,5 m hasta conectar con las picas de puesta a tierra.

10.7 MEDIDAS ADICIONALES DE SEGURIDAD PARA LAS TENSIONES DE PASO Y CONTACTO

El valor de las resistencias de puesta a tierra general y de neutro será tal que, en caso de defecto a tierra, las tensiones máximas de paso y contacto no alcancen los valores peligrosos considerados en la ITC-RAT 13.

Si esto no fuera posible, se adoptarán medidas de seguridad adicionales tendentes a adecuar dichos valores de las tensiones de paso y contacto en el exterior del CT.

En cualquier caso, la siguiente medida será de carácter obligatorio:

Construir exteriormente al CT una acera perimetral de 1 m de ancho por 10 cm de espesor, armada y localizada en la zona normalmente utilizada para acceder al mismo, que aporte una elevada resistividad superficial incluso después de haber llovido. El armado de la acera perimetral no se conectará a la tierra general.

11 SISTEMA DE TELEGESTIÓN

En el CT se instalará un concentrador de telegestión, cuya función es el almacenamiento de las lecturas de los contadores de BT conectados en las redes de BT que se suministran desde el CT.

Con la finalidad de permitir la instalación de dicho concentrador, y para cada transformador MT/BT previsto en el CT, se dispondrá una base aislante anclada a la cara interior de uno de los cerramientos de forma que toda su superficie quede accesible en condiciones normales de explotación una vez estén instalados todos los equipos previstos en el CT, y de forma que no obstaculice las operaciones normales de operación y mantenimiento del centro.

Las dimensiones e instalación de la base se referencian en la norma informativa FNH001 Centros de transformación prefabricados de hormigón tipo superficie.

La instalación del concentrador le corresponderá a EDE.

12 SISTEMA DE MEDIDA

Con objeto de facilitar la medida y el balance de energía en el CT, EDE podrá instalar el correspondiente equipo de medida en un espacio reservado para ello.

13 SISTEMA DE TELEMANDO

En los casos en los que se requiera se instalará un sistema de telemando compatible con la red de comunicaciones de EDE.

Con carácter general constará de los siguientes elementos:

1. La Unidad Compacta de Telemando (UCT) o también denominada "Unidad Periférica" (UP), que está compuesta de:



- Armario de Control, o Remota, tomando como referencia la norma informativa **GSTR001 Remote Terminal Unit for secondary substations.**

- Cuadro para transformador de aislamiento de 10 kV: tomando como referencia la norma informativa **GSCL001 Electrical Control Panel Auxiliary Services of Secondary Substations.**

2. Detectores de paso de falta direccionales.

13.1 UNIDAD COMPACTA DE TELEMANDO

La Unidad Compacta de Telemando (UCT) o también denominada "Unidad Periférica" (UP) dispone de todos los elementos necesarios para poder realizar el Telemando y Automatización del CT. Incluye las funciones de terminal remoto, comunicaciones, alimentación segura y aislamiento de Baja Tensión.

Las dos funciones principales de la Unidad son:

- La comunicación con el Centro de Control o Despacho, por la cual se reportan todos los eventos e incidencias ocurridas en la instalación y de igual manera, se reciben las órdenes provenientes del Centro de Control a ejecutar en cada una de las posiciones.

- La captación de la información de campo desde las celdas MT.

- Para la UCT las dimensiones máximas son 203x41x229 mm (altura x anchura x profundidad), aunque una vez incluidos el resto de equipos quedan unas dimensiones finales de:

- 800x600x400 mm en la solución mural.

- 400x850x400 mm en la solución sobre-celda.

- El armario de telemando está formado por diferentes módulos o equipos, con anclaje mecánico para rack de 19" dentro de una envolvente metálica. Los módulos son:

- Unidad de procesamiento (UE). Su función es la conexión con las celdas de distribución. Existen 2 versiones, la UE8 que puede conectar con un máximo de 8 interruptores y la UE16 para conectar con un máximo de 16 interruptores.

- Fuente de alimentación/cargador de baterías (PSBC).

- 2 baterías de 12V 25Ah, de tipo monoblock de 12 V y 25 Ah conectadas en serie, tomando como referencia la norma informativa GSCB001 12V VRLA Accumulators for Powering Remote-Control Device of Secondary Substations.

- Modem de comunicaciones.

13.2 DETECTOR DE PASO DE FALTA

El detector paso de falta (RGDAT) está referenciado la norma informativa GSPT001 Detector de Paso de Falta Direccional. El equipo engloba diversos elementos:

- Unidad de proceso y control.
- Juego de captadores de tensión/corriente.
- Diversos elementos auxiliares (cables de conexión, etc...). El equipo monitoriza:
- Las corrientes de fase y corriente residual, mediante la instalación de transductores de corriente en las líneas MT correspondientes.
- Las tensiones de cada fase (mediante divisores de tensión capacitivos en los paneles de las celdas MT de interior, o bien, integrados en los sensores suministrados para montajes en exterior).

El detector proporciona información sobre eventos de falta en la red (sobreintensidad en fases no direccional, sobreintensidad homopolar no direccional y sobreintensidad homopolar direccional) y ausencia/presencia de tensión, de forma que se facilita la localización de los tramos de línea afectados.

Cada equipo monitoriza una celda de línea MT y se comunica con una de las vías disponibles de la UP correspondiente.

La conexión del RGDAT con la UP y con la propia celda MT se realiza a través de:

- 1 bornero de 8 pines (MA) para conexión con los captadores de tensión/corriente para:

- Medida de corriente de cada fase y residual.

- Captación de tensión por cada fase.

- 1 bornero de 10 pines (MB) precableado con la manguera de conexión a la vía correspondiente del armario UP asociado para:

- Alimentación del equipo RGDAT.

- Entrada digital para activación de función de inversión de dirección de vigilancia.

- Salidas digitales de señalización de eventos de falta y presencia tensión.

- Salida analógica de medida de corriente.

El equipo dispone de un puerto RS232 (9 pines, hembra) para configuración y calibración mediante SW específico. El puerto no es accesible desde el exterior, por lo que es necesario abrir la carcasa metálica del equipo para acceder a la placa electrónica donde se ubica dicho conector.

13.2.1 Comunicaciones

El cuadro de comunicaciones es un espacio diseñado para alojar los elementos de comunicaciones para establecer la comunicación entre el Centro de Control y el CT.

En el compartimento de comunicaciones existen 2 juegos de bornas de alimentación de 24 Vcc y otros 2 juegos de bornas de alimentación de 12 Vcc.

EDE instalará, en función de las características del CT y su ubicación, el sistema de comunicación adecuado, de entre los siguientes:

- TETRA: Radio Digital.

- DMR: Radio Digital.

En el caso en que las soluciones anteriores no sean viables técnicamente se instalarán soluciones de operador basadas en GPRS o VSAT

14 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD

Durante la construcción e instalación del CT se deberán aplicar las prescripciones e instrucciones de seguridad descritos en la legislación vigente, así como los criterios de seguridad que se establezcan en el Estudio de Seguridad y Salud que la dirección de obra deberá formalizar para cada obra.

El Plan de Seguridad definirá la evaluación de los riesgos existentes en cada fase del proyecto y los medios dispuestos para velar por la prevención de riesgos.

15 LIMITACIÓN DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS

Según establece el apartado 4.7 de la ITC-RAT 14 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión, en el diseño de las instalaciones se adoptarán las medidas



adecuadas para minimizar, en el exterior de las instalaciones de alta tensión, los campos magnéticos creados por la circulación de corriente a 50 Hz, en los diferentes elementos de dichas instalaciones.

El Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas, establece unos límites de exposición máximos que se deberán de cumplir en las zonas en las que puedan permanecer habitualmente las personas.

La comprobación de que no se superan los valores establecidos en dicho Real Decreto se detalla en el documento Estudio de Campos Magnéticos del presente proyecto.

Informe de Campos Magnéticos en Centro de transformación de superficie con 1 transformador.

Informe de Campos Magnéticos en Centro de transformación de superficie con 2 transformadores.

De este modo, si el proyecto real de CT se realiza conforme a la disposición y configuración de este PT, los cálculos de campos magnéticos para la instalación real se pueden considerar idénticos a los del proyecto tipo, no siendo necesario incluir cálculos específicos adicionales.

15.1 MEDIDAS DE ATENUACIÓN DE CAMPOS MAGNÉTICOS

Para minimizar el posible impacto de los campos magnéticos generados por el CT, en su diseño se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

Las entradas y salidas al CT de la red de media tensión se efectuarán por el suelo y adoptarán, preferentemente, la disposición en triángulo y formando ternas, o en atención a las circunstancias particulares del caso, aquella que el proyectista justifique que minimiza la generación de campos magnéticos.

La red de baja tensión se diseñará con el criterio anterior.

Se procurará que las interconexiones sean lo más cortas posibles y se diseñarán evitando paredes y techos colindantes con viviendas.

En el caso que por razones constructivas no se pudieran cumplir alguno de estos condicionantes de diseño, se adoptarán medidas adicionales para minimizar dichos valores, como por ejemplo el apantallamiento.

15.2 MEDICIÓN DE CAMPOS MAGNÉTICOS: MÉTODOS, NORMAS Y CONTROL POR LA ADMINISTRACIÓN

Con objeto de verificar que en la proximidad de las instalaciones de alta tensión no se sobrepasan los límites máximos admisibles, la Administración pública competente podrá requerir al titular de la instalación que se realicen las medidas de campos magnéticos por organismos de control habilitados o laboratorios acreditados en medidas magnéticas. Las medidas deben realizarse en condiciones de funcionamiento con carga, y referirse al caso más desfavorable, es decir, a los valores máximos previstos de corriente.

En lo relativo a los métodos de medidas, tipos de instrumentación y otros requisitos se estará a lo recogido en las normas técnicas aplicables, con el orden de prelación que se indica:

1. Las adoptadas por organismos europeos de normalización reconocidos: El Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación (ETSI), el Comité Europeo de Normalización (CEN) y el Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC).

2. Las internacionales adoptadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), la Organización Internacional de Normalización (ISO) o la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

3. Las emanadas de organismos españoles de normalización y, en particular, de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).

4. Las especificaciones técnicas que cuenten con amplia aceptación en la industria y hayan sido elaboradas por los correspondientes organismos internacionales.

Normas de referencia:

• UNE-EN 62311 Evaluación de los equipos eléctricos y electrónicos respecto de las restricciones relativas a la exposición de las personas a los campos electromagnéticos (0 Hz - 300 GHz).

• NTP-894 Campos electromagnéticos: evaluación de la exposición laboral.

16 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

En la construcción se tomarán las medidas de protección contra incendios de acuerdo a lo establecido en el apartado 5.1 del ITC-RAT 14, el Documento Básico DB-SI "Seguridad en caso de Incendio" del Código Técnico de la Edificación y las Ordenanzas Municipales aplicables en cada caso.

16.1 EXTINTORES MÓVILES

Dado que existe personal itinerante de mantenimiento con la misión de vigilancia y control de esta tipología de instalaciones, este personal itinerante deberá llevar en sus vehículos, como mínimo, dos extintores de eficacia mínima 89B, y por lo tanto

no será precisa la instalación de extintores en los CT.

17 VENTILACIÓN

La evacuación del calor generado en el interior del CT se efectuará según lo indicado en la ITC-RAT 14 apartado 4.4, utilizándose preferentemente el sistema de ventilación natural.

La posición y tamaño de las rejillas de ventilación estarán determinadas por la envolvente prefabricada elegida, referenciados en la norma informativa **FNH001 CC.TT. Prefabricados Hormigón Tipo Superficie**.

Cuando el CT requiera la instalación de ventilación forzada, se realizará un estudio específico de la misma.

18 INSONORIZACIÓN Y MEDIDAS ANTIVIBRACIONES

Con objeto de limitar el ruido originado por las instalaciones de alta tensión, éstas se dimensionarán y diseñarán de forma que los índices de ruido medidos en el exterior de las instalaciones se ajusten a los niveles de calidad acústica establecidos en el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. Además, se deberá cumplir con el Código Técnico de la Edificación, legislaciones de las comunidades autónomas y ordenanzas municipales.

Caso de sobrepasar esos límites, se tomarán medidas correctoras para minimizar y reducir la emisión de ruido y la transmisión de vibraciones producidas. El Real Decreto 1367/2007 regula, en las tablas B1 y B2 del anexo III, los valores límite de emisión de ruido al medio ambiente exterior y a los locales colindantes del CT, siendo estos valores función del tipo de área acústica. Estos niveles de ruido deben medirse de acuerdo a las indicaciones del anexo IV del RD 1367/2007.

En caso de ser necesario tomar medidas correctoras con el fin de reducir o eliminar la transmisión de vibraciones de los transformadores de distribución, se podrá instalar en cada punto de apoyo un amortiguador de baja frecuencia, hasta 5 Hz, especialmente diseñado para la suspensión de transformadores. Cada



amortiguador estará formado por suelas de acero y muelles metálicos de alta resistencia. Los amortiguadores a instalar serán los adecuados en función de la carga estática a soportar, que será función del peso del transformador a instalar. Este sistema proporcionará además el anclaje del transformador impidiendo su desplazamiento fortuito y/o paulatino a lo largo del tiempo, no autorizándose ningún otro sistema de anclaje que pudiera propiciar la transmisión mecánica de ruidos o vibraciones a otros elementos del local.

Cuando el recinto donde se ubica la instalación de alta tensión se encuentre dentro de edificios de viviendas y no se pueda demostrar el cumplimiento de los límites mediante cálculos, se adoptarán medidas adicionales para cumplir dichos niveles.

Con objeto de verificar que en la proximidad de las instalaciones de alta tensión no se sobrepasan los límites máximos admisibles, la Administración pública competente podrá realizar, por control estadístico o a petición de parte interesada, inspecciones con sus propios medios o delegar dichas mediciones en organismos de control habilitados o laboratorios acreditados en medidas de ruido.

18.1 JUSTIFICACIÓN DEL NIVEL DE RUIDO

Se trata de una instalación ubicada en terrenos de uso predominantemente Residencial. El nivel de ruido máximo en áreas urbanizadas según el R.D. 326/2003, de 25 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía, se establece para un área de sensibilidad acústica TIPO II (Área levemente ruidosa) un límite de Ruido Ambiental de 55 dBA durante el día (7-23 horas) y de 45 dBA durante la noche (23-7 horas).

18.1.1 Nivel de ruido producidos

La única fuente de ruido de la instalación, sería el centro de transformación, que dispone de una emisión de ruido de 67 dBA.

18.1.2 Aislamiento de los elementos construidos

El centro de transformación se ubica en una caseta prefabricada, a partir de la masa unitaria del cerramiento, se determina que para un edificio prefabricado de hormigón, con una masa estimada de 252 kg/m² y aislamiento térmico, un valor de aislamiento de 63 dBA

El nivel de ruido que se emite es:

$$L_2 = L_1 - R$$

Donde,

L_1 , es el nivel de emisión en dBA

R , es el aislamiento en dBA

L_2 , es el nivel transmitido en dBA

Frecuencias en HZ	63	125	250	500	1000	2000	4000	GLOBA L
L1 Nivel de emisión en (dB)	57,2	63,2	60,6	61,7	64,5	58,3	54,0	67 dBA
Aislamiento R (dB)	53,2	59,2	56,6	57,7	60,5	54,3	50,0	
L2 Nivel Transmitido (dB)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	10,3 dBA

El aislamiento en dB a 125 Hz = 59,2

Valor en $D_n T_w = 58,0$

Como conclusión, se observa un valor de ruido transmitido de 10,3 dBA, el cual es menor del valor establecido por normativa en horario nocturno, limitado a 45 dBA.

19 PROTECCIÓN CONTRA LA CONTAMINACIÓN

Dado que el CT puede estar afectado por varios tipos de contaminación a la vez, en función de su ubicación, se tomarán las medidas adicionales que correspondan.

Los niveles de contaminación salina e industrial se establecen en el documento informativo NZZ009 Mapas de contaminación salina e industrial.

Para los CT afectados por alta contaminación salina o ambiental se tomarán las medidas siguientes:

- Las rejillas se colocarán preferentemente en la cara no afectada directamente por vientos dominantes procedentes de la contaminación, y cuando esto no sea posible se instalarán cortavientos adecuados.
- Los terminales de los cables de baja tensión, las bornas de BT del transformador y del cuadro de BT, irán protegidos mediante envoltorios aislantes.

20 SEÑALIZACIÓN Y MATERIAL DE SEGURIDAD

Los CT estarán dotados de los siguientes elementos de señalización y seguridad:

Las puertas de acceso llevarán el cartel con la correspondiente señal triangular distintiva de riesgo eléctrico, según las dimensiones y colores que especifica la recomendación AMYS 1.4-10, modelo CE-14.

Las celdas de distribución secundaria y el cuadro de BT llevarán también la señal triangular distintiva de riesgo eléctrico adhesiva.

La señal CR-14 C de Peligro Tensión de Retorno se instalará en el caso de que exista este riesgo.

En un lugar bien visible del interior se colocará un cartel con las instrucciones de primeros auxilios a prestar en caso de accidente y su contenido se referirá a la respiración boca a boca y masaje cardíaco. Su tamaño será como mínimo UNE A-3.

21 SIGLAS

EDE:	Endesa Distribución Eléctrica
CT:	Centro de Transformación
EP:	Edificio Prefabricado
MT:	Media Tensión
BT:	Baja Tensión
PT:	Proyecto Tipo
RD:	Real Decreto
PSBC:	Fuente alimentación / cargador batería
RGDAT:	Indicador paso falta direccional y ausencia de tensión
UCT	Unidad Compacta de Telemando
UP:	Unidad Periférica
XLPE:	Aislamiento de Polietileno Reticulado



CAPÍTULO 4 .- ESTUDIO DE CAMPOS MAGNÉTICOS DEL CT

1 OBJETO

El objeto de este estudio es estimar las emisiones de campo magnético en el exterior del centro de transformación objeto del presente PT con el propósito de comprobar el cumplimiento de los límites establecidos por la normativa vigente.

A los efectos del estudio de campos, el presente PT engloba centros de transformación de superficie en edificio prefabricado con una distribución similar a la calculada, con celdas blindadas de simple barra en MT, y niveles de tensión 15, 20, 25 y 30 kV. En BT el nivel de tensión es 0,4 kV.

El estudio comprende el cálculo de los niveles máximos del campo magnético que por razón del funcionamiento del centro de transformación pueden alcanzarse en su entorno, y su evaluación comparativa con los límites establecidos en la normativa vigente.

2 NORMATIVA VIGENTE

El R.D. 337/2014 de 9 de mayo, recoge el “Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión” (RAT). Este Reglamento limita los campos electromagnéticos en la proximidad de instalaciones de alta tensión, remitiendo al R.D. 1066/2001.

El R.D. 1066/2001 de 28 de septiembre, por el que se aprueba el “Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a las emisiones radioeléctricas”, adopta medidas de protección sanitaria de la población estableciendo unos límites de exposición del público a campos electromagnéticos procedentes de emisiones radioeléctricas acordes a las recomendaciones europeas. Para el campo magnético generado a la frecuencia industrial de 50 Hz, el límite establecido es de 100 micro teslas (100 μ T).

En el RAT, las limitaciones y justificaciones necesarias aparecen indicadas en las instrucciones técnicas complementarias siguientes:

- ITC-RAT-14. INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE INTERIOR. 4.7: Limitación de los campos magnéticos en la proximidad de instalaciones de alta tensión.
- ITC-RAT-15. INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE EXTERIOR. 3.15: Limitación de los campos magnéticos en la proximidad de instalaciones de alta tensión.
- ITC-RAT-20. ANTEPROYECTOS Y PROYECTOS. 3.2.1: Memoria.

En relación al campo magnético generado por los transformadores de potencia, se aplica la norma UNE-CLC/TR 50453 IN de noviembre de 2008, “Evaluación de los campos electromagnéticos alrededor de los transformadores de potencia”.

Aunque la medida de campos magnéticos no es objeto del presente documento, a continuación se indican las normas aplicables a la misma:

1. Norma UNE-EN 62110 de mayo de 2013. “Campos eléctricos y magnéticos generados por sistemas de alimentación en corriente alterna. Procedimientos de medida de los niveles de exposición del público en general”.
2. Norma UNE-EN 61786-1 de octubre de 2014. “Medición de campos magnéticos en corriente continua, campos eléctricos y magnéticos en corriente alterna de 1 Hz a 100 kHz. Parte 1: Requisitos para los instrumentos de medida”.

3. Norma IEC 61786-2 de diciembre de 2014. “Measurement of DC magnetic, AC magnetic and AC electric fields from 1 Hz to 100 kHz with regard to exposure of human beings. Part 2: Basic standard for measurements.

3 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CAMPOS MAGNÉTICOS

Para la elaboración del análisis del campo magnético, se ha desarrollado una aplicación que realiza la simulación y cálculo del campo magnético en los puntos deseados de la instalación y su entorno.

La aplicación desarrollada está realizada sobre Matlab/Octave. El cálculo está basado en un cálculo analítico (Biot y Savart de un segmento) realizado sobre el conjunto de conductores 3D de una instalación, discretizados a segmentos rectilíneos, y sobre un periodo de onda completo para obtener valores eficaces. Se tienen en cuenta los diferentes desfases entre fases o motivados por la presencia de un transformador. La misma metodología ha sido empleada con buenos resultados en otros estudios publicados [1], [2], [3].

El cálculo no tiene en cuenta el campo generado por los transformadores, sólo por los conductores. Esta simplificación no afecta de forma significativa a los resultados obtenidos según se indica en UNE-CLC/TR-50453. De igual forma, no se consideran los posibles apantallamientos debidos a pantallas de cables o envolventes de la aparamenta eléctrica, quedando el cálculo por el lado de la seguridad.

La entrada de datos de la aplicación es la topología en 3D del conjunto de conductores de la instalación, así como las corrientes que circulan por cada conductor. Las corrientes consideradas para el cálculo son las máximas previstas para cada posición (en especial de los transformadores) o tramo de ella, de forma que se obtiene el máximo campo magnético. El estado de carga máximo planteado es técnicamente posible de alcanzar, pero difícil que se produzca en realidad, y en todo caso durante un breve espacio de tiempo.

En ocasiones, debido a la topología de la instalación, no es posible determinar las corrientes por todos los tramos de las diferentes posiciones. Para estos casos se estiman las corrientes por dichos tramos que den lugar a los campos más desfavorables.

Los resultados obtenidos se presentan en los límites exteriores de la instalación accesibles por el público, considerándose para el cálculo una distancia de 0,2 m de las paredes del CT y a una altura de 1 m, según UNE-EN 62110. De igual forma, se facilita el cálculo del campo B en toda la superficie de la instalación a una altura de 1 m a efectos informativos.

4 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN INTERIOR EN EDIFICIO PREFABRICADO EN SUPERFICIE 1 TRANSFORMADOR



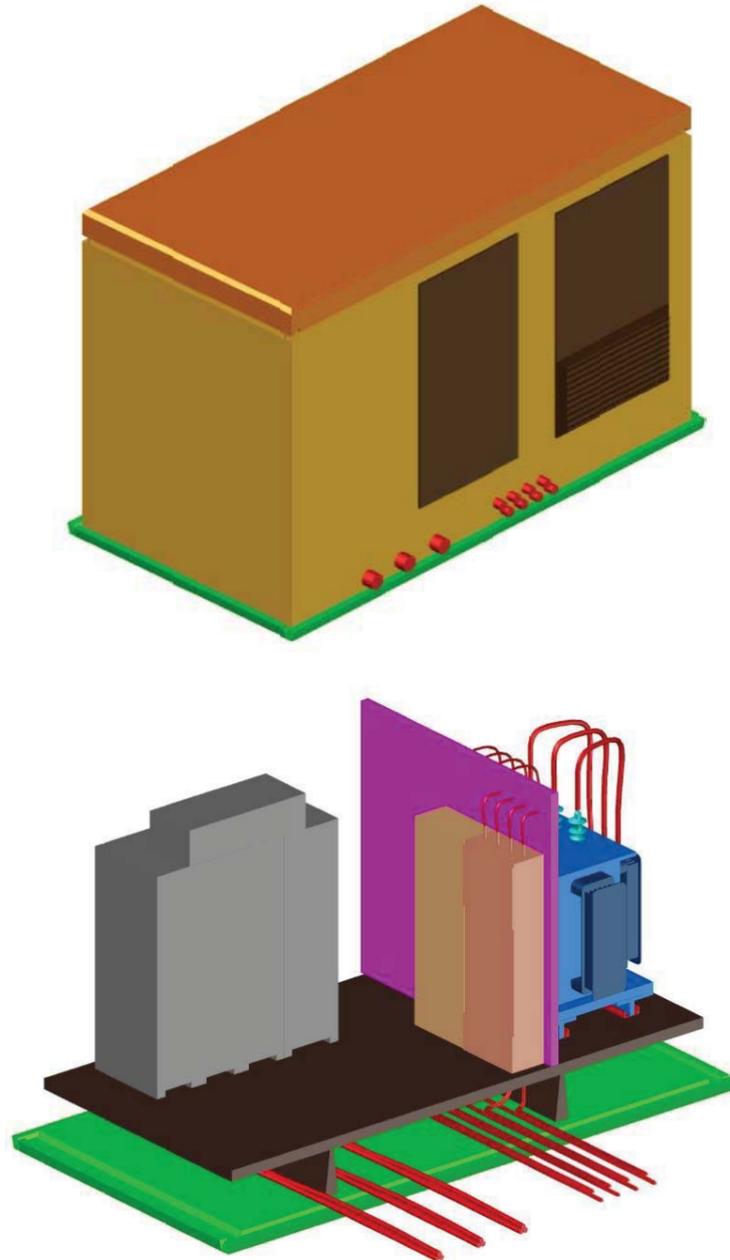
La autenticidad de este documento se puede comprobar con el código 07E70025106B00V4B5A5X1S3L4 en la web del Ayto. Antequera

FIRMANTE - FECHA
ARMEN MARIA CABALLAS BARON-SECRETARIA ACCTAL. - 04/07/2023
serialNumber=S2833002E,CN=Sello de tiempo TS@ - @firma,OU=Secretaría General de Administración Digital,O=Secretaría de Estado de Función Pública,C=ES - 04/07/2023 13:52:26
APROBACION DEFINITIVA POR JUNTA GOBIERNO LOCAL, EN SESION EXTRAORDINARIA Y URGENTE, DE FECHA 02 DE JUNIO DE 2023

DOCUMENTO: 20232429035
Fecha: 04/07/2023
Hora: 13:52



Figura 1. Vistas 3D del centro de transformación tipo superficie en edificio prefabricado, 24 kV. un transformador



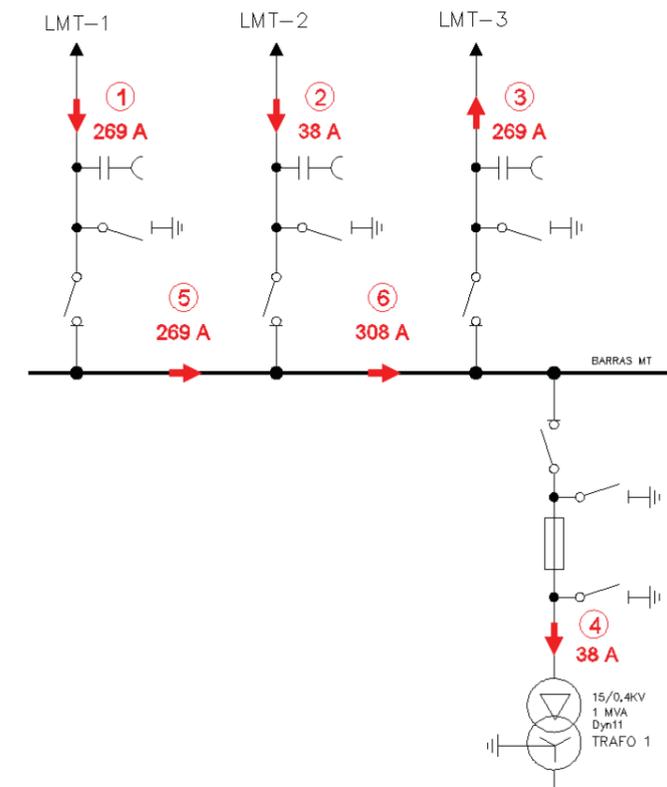
4.1 CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN Y DATOS DE CÁLCULO

El centro de transformación tipo superficie en edificio prefabricado 24 kV. un transformador calculado, consta de 2 niveles de tensión, 15 y 0.4 kV, y una unidad de transformación de 1 MVA.

Nivel de 15 kV.

- Tipo: Blindado, aislado en SF6
- Topología: Simple barra
- Posiciones de línea: 3
- Posiciones de transformador : 1
- Posiciones de barras: 1

Figura 2. Unifilar nivel de tensión 15 kV con intensidades consideradas



Nivel de 0.4 kV.

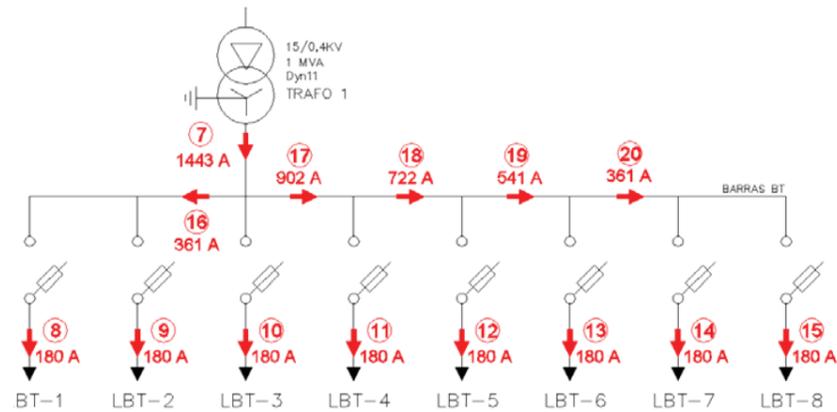
- Tipo: Interior
- Topología Simple barra.
- Posiciones de línea: 8
- Posiciones de transformador : 1
- Posiciones de barras: 1



De acuerdo con el Real Decreto 1066/2001 en el que se aconseja tomar medidas que limiten las radiaciones de campo eléctrico y magnético, describimos las medidas que EDE ha considerado para minimizar la emisión de campos electromagnéticos y poder así cumplir los límites establecidos en el Real Decreto:

1. Las distancias existentes entre los equipos eléctricos y el cierre de la instalación permite reducir los niveles de exposición al público en general fruto de la disminución del campo magnético con la distancia.
2. Las posiciones del nivel de tensión 15 kV se ubican en el interior de un edificio, en celdas blindadas, cuya carcasa disminuye el campo magnético en el exterior.
3. Los conductores de ambos niveles de tensión están constituidos en su totalidad por cables aislados secos con pantalla metálica exterior. Esto permite reducir el campo magnético exterior tanto por la propia pantalla como por el tendido de los cables en forma de tresbolillo.

Figura 3. Unifilar nivel de tensión 0.4 kV con intensidades consideradas



Las intensidades consideradas para el cálculo del campo magnético son las siguientes:

Tabla 1. Intensidades para el cálculo del campo magnético

POSICIÓN O TRAMO	REF.	INTENSIDAD (A)	FASE (°)	TIPO
Línea 1 15 kV	1	269 ⁽¹⁾	0	Trifásica equilibrada.
Línea 2 15 kV	2	38	0	Trifásica equilibrada.
Línea 3 15 kV	3	269 ⁽¹⁾	0	Trifásica equilibrada.
Trafo 1 Lado 15 kV	4	38 ⁽²⁾	0	Trifásica equilibrada.
Barras 1 L1-L2	5	269	0	Trifásica equilibrada.
Barras 1 L2-L3	6	308	0	Trifásica equilibrada.
Trafo 1 Lado 0,4 kV	7	1443 ⁽²⁾	30	Trifásica equilibrada.
Líneas 0,4 kV	8 -15	180	30	Trifásica equilibrada.
B1 0,4 kV : Línea 2- Línea 3	16	361	30	Trifásica equilibrada
B1 0,4 kV : Línea 3- Línea 4	17	902	30	Trifásica equilibrada

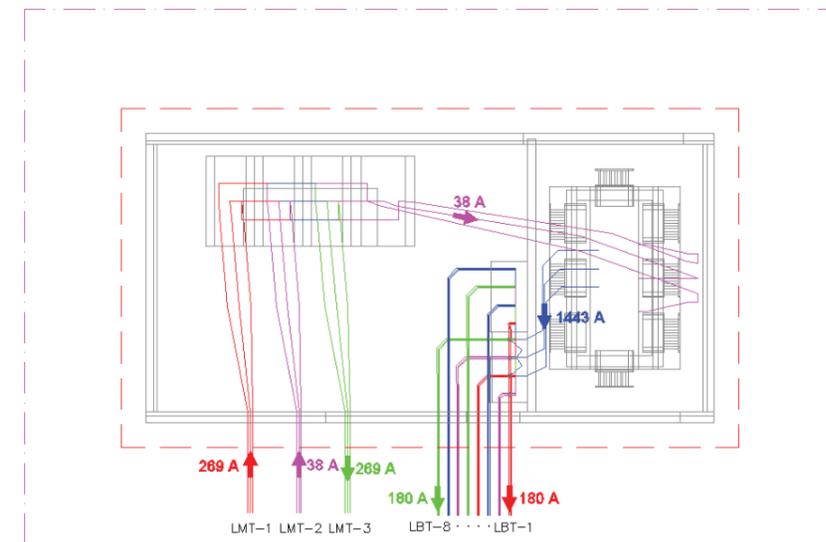
POSICIÓN O TRAMO	REF.	INTENSIDAD (A)	FASE (°)	TIPO
B1 0,4 kV : Línea 4- Línea 5	18	722	30	Trifásica equilibrada
B1 0,4 kV: Línea 5- Línea 6	19	541	30	Trifásica equilibrada
B1 0,4 kV: Línea 6- Línea 7	20	361	30	Trifásica equilibrada

- (1) Intensidad correspondiente a la potencia máxima de línea, 7 MVA.
- (2) Intensidad correspondiente a la potencia máxima transformador, 1 MVA.

El estado de carga considerado supone el transformador entregando su máxima potencia. En el lado de 15 kV, la línea 1 aporta su potencia máxima, la línea 3 evacua su potencia máxima y la línea 2 aporta la potencia consumida por el transformador.

En el lado de BT, la potencia aportada por el transformador se reparte equitativamente por las ocho líneas a las que alimenta.

Figura 4. Intensidades para cálculo de campo magnético



4.2 RESULTADOS

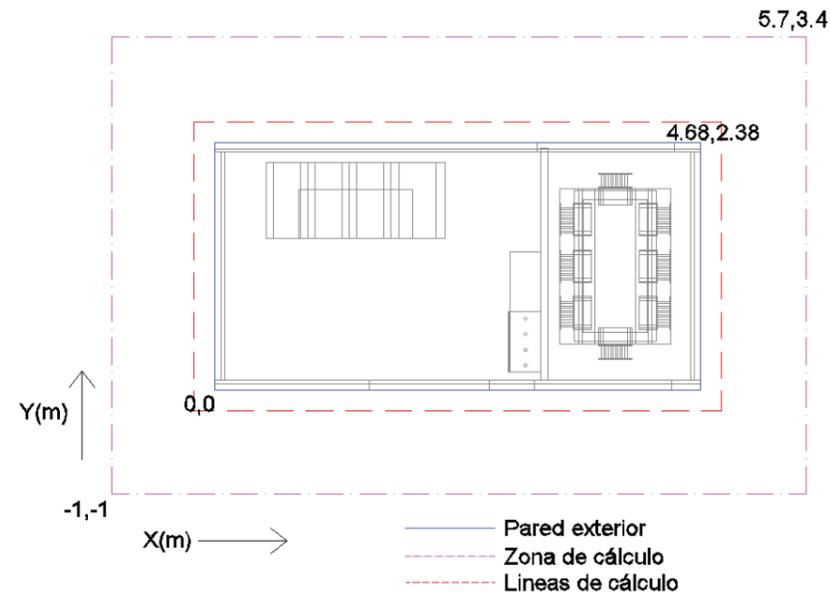
La simulación del campo magnético ha sido realizada con el estado de carga indicado anteriormente, estado de carga máximo realizable. Por tanto, los valores de campo magnético calculados y representados serán superiores a los que se producirán durante el funcionamiento habitual del centro de transformación.

Se ha obtenido el campo magnético en el conjunto de la instalación, a 1 metro de altura del suelo. Los resultados obtenidos se representan tanto en el límite exterior del centro de transformación (requerimiento reglamentario) como en el interior del mismo.

Se han presentado los resultados del campo magnético en el exterior de la pared del centro de transformación, a una distancia de 0,2 m del mismo, según las líneas de cálculo de la figura 5.



Figura 5. Pared exterior y zonas límite del cálculo



Los valores más elevados de campo en el exterior se producen en la zona de cercana al cuadro de BT, siendo de $55,36 \mu\text{T}$.

Los resultados se incluyen en el anexo de planos.

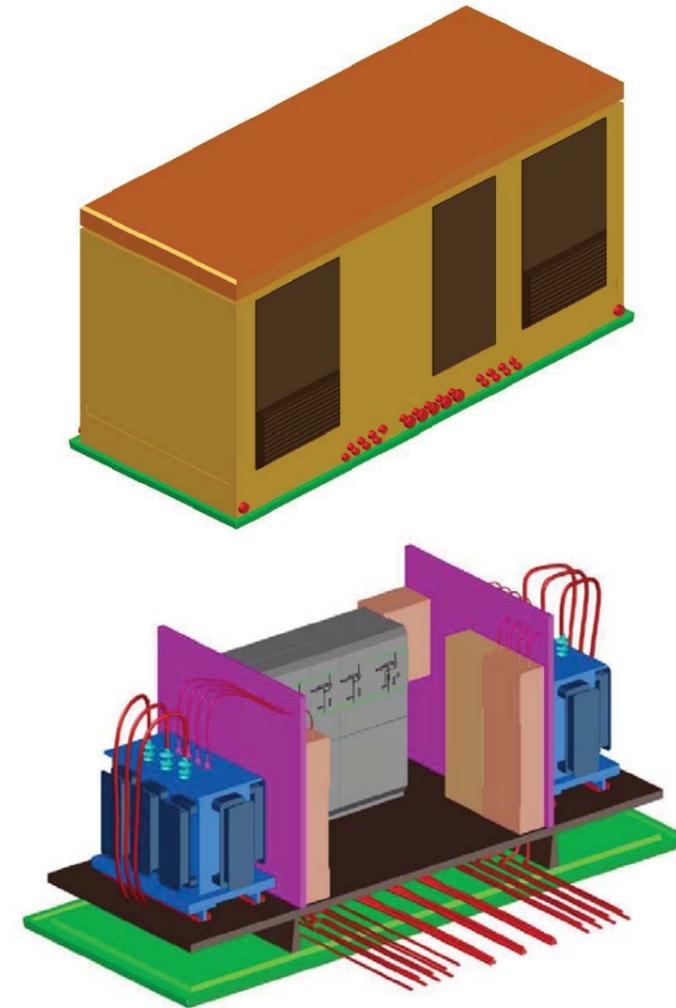
4.3 CONCLUSIONES

Como conclusión de la simulación y cálculo realizado del campo magnético generado debido a la actividad del centro de transformación tipo superficie en edificio prefabricado 24 kV un transformador, propiedad de EDE, en las condiciones más desfavorables de funcionamiento, (hipótesis de carga máxima realizable), se obtiene que los valores de radiación emitidos están por debajo de los valores límite recomendados, esto es, $100 \mu\text{T}$ para el campo magnético a la frecuencia de la red, 50Hz.

5 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN INTERIOR EN EDIFICIO PREFABRICADO EN SUPERFICIE 2 TRANSFORMADORES

A continuación, se detallan la disposición de la apartamentada y de los cables eléctricos del CT en Edificio Prefabricado de Superficie 2 transformadores (figura 6).

Figura 6. Vistas 3D del centro de transformación tipo prefabricado superficie con dos transformadores 24 kV en configuración máxima



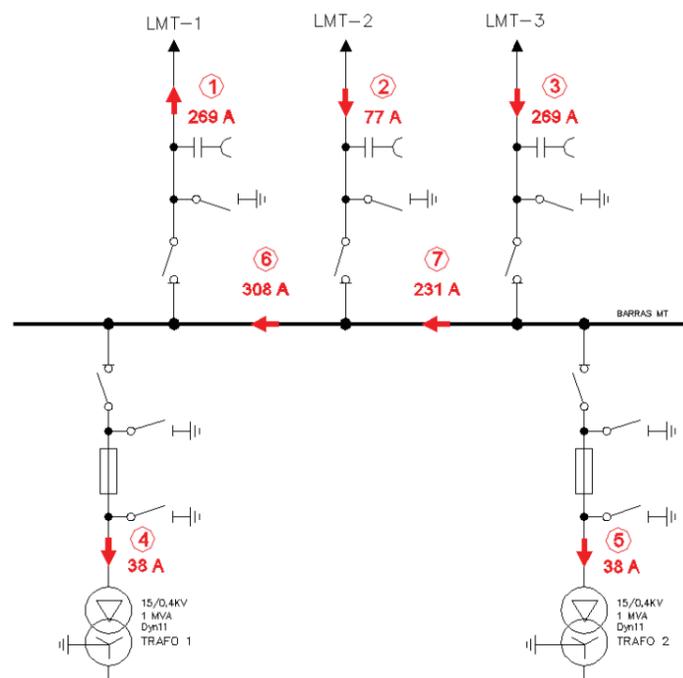
5.1 CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN Y DATOS DE CÁLCULO

El centro de transformación tipo prefabricado superficie con dos transformadores calculado consta de 2 niveles de tensión, 15 y 0.4 kV, y 2 unidades de transformación de 1 MVA.

Nivel de 15 kV.

- Tipo: Blindado, aislado en SF6
- Topología: Simple barra
- Posiciones de línea: 3
- Posiciones de transformador : 2
- Posiciones de barras: 1

Figura 7. Unifilar nivel de tensión 15 kV con intensidades consideradas



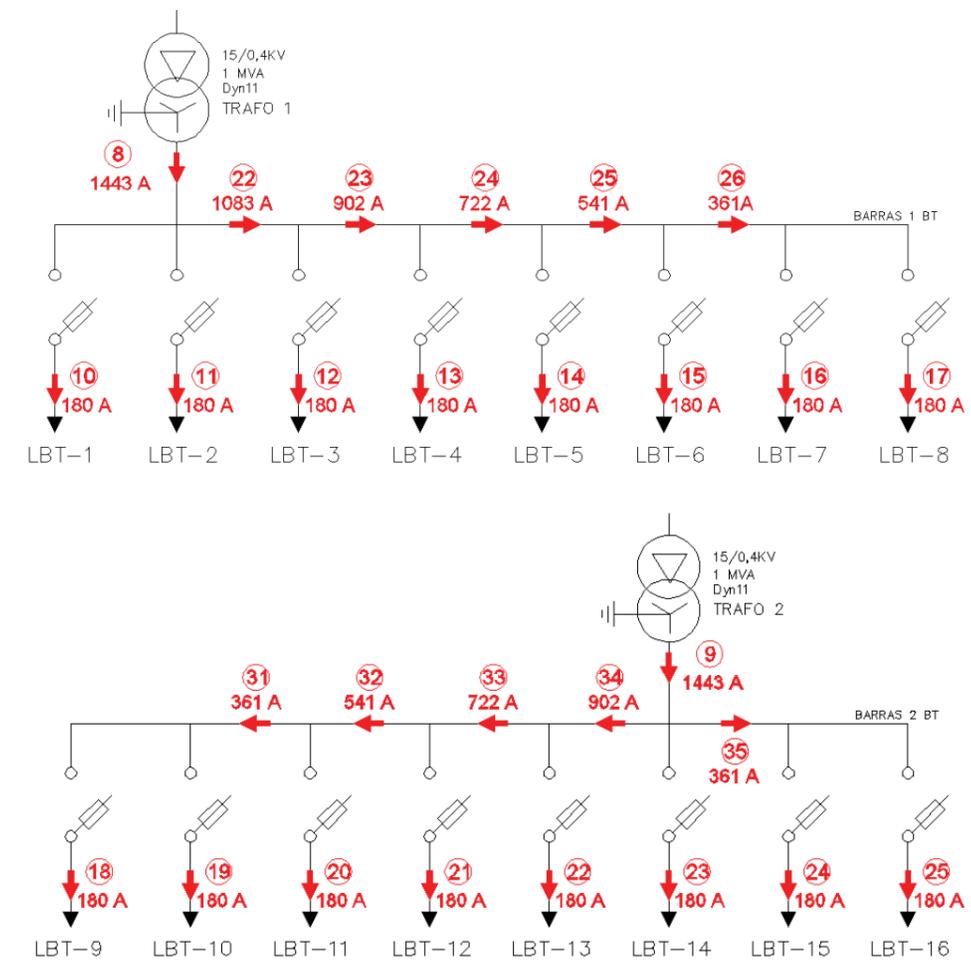
Nivel de 0.4 kV.

- Tipo: Interior
- Topología: Simple barra.
- Posiciones de línea: 16
- Posiciones de transformador : 2
- Posiciones de barras: 2

De acuerdo con el Real Decreto 1066/2001 en el que se aconseja tomar medidas que limiten las radiaciones de campo eléctrico y magnético, describimos las medidas que EDE ha considerado para minimizar la emisión de campos electromagnéticos y poder así cumplir los límites establecidos en el Real Decreto:

1. Las distancias existentes entre los equipos eléctricos y el cierre de la instalación permite reducir los niveles de exposición al público en general fruto de la disminución del campo magnético con la distancia.
2. Las posiciones del nivel de tensión 15 kV se ubican en el interior de un edificio, en celdas blindadas, cuya carcasa disminuye el campo magnético en el exterior.
3. Los conductores de ambos niveles de tensión están constituidos en su totalidad por cables aislados secos con pantalla metálica exterior. Esto permite reducir el campo magnético exterior tanto por la propia pantalla como por el tendido de los cables en forma de tresbolillo.

Figura 8. Unifilar nivel de tensión 0.4 kV con intensidades consideradas



Las intensidades consideradas para el cálculo del campo magnético son las siguientes:

Tabla 2. Intensidades para el cálculo del campo magnético

POSICIÓN O TRAMO	REF.	INTENSIDAD (A)	FASE (°)	TIPO
Línea 1 15 kV	1	269 ₍₁₎	0	Trifásica equilibrada.
Línea 2 15 kV	2	77	0	Trifásica



				equilibrada.
Línea 3 15 kV	3	269 ⁽¹⁾	0	Trifásica equilibrada.
Trafo 1 Lado 15 kV	4	38 ⁽²⁾	0	Trifásica equilibrada.
Trafo 2 Lado 15 kV	5	38 ⁽²⁾	0	Trifásica equilibrada.
Barras 1 L1-L2	6	308	0	Trifásica equilibrada.
Barras 1 L2-L3	7	231	0	Trifásica equilibrada.
Trafo 1 Lado 0,4 kV	8	1443 ⁽²⁾	30	Trifásica equilibrada.
Trafo 2 Lado 0,4 kV	9	1443 ⁽²⁾	30	Trifásica equilibrada.
Líneas 0,4 kV	10 - 17	180	30	Trifásica equilibrada.
Líneas 0,4 kV	18 - 21	361	30	Trifásica equilibrada.
B1 0,4 kV : Línea 2- Línea 3	22	1083	30	Trifásica equilibrada
B1 0,4 kV : Línea 3- Línea 4	23	902	30	Trifásica equilibrada
B1 0,4 kV : Línea 4-Línea 5	24	722	30	Trifásica equilibrada
B1 0,4 kV: Línea 5- Línea 6	25	541	30	Trifásica equilibrada
B1 0,4 kV: Línea 6- Línea 7	26	361	30	Trifásica equilibrada
B2 0,4 kV: Línea 10-Línea 11	722	361	30	Trifásica equilibrada

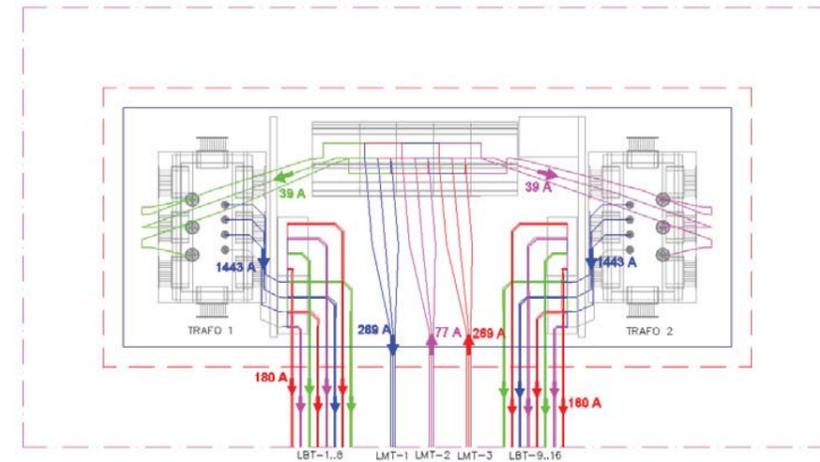
(1) Intensidad correspondiente a la potencia máxima de línea, 7 MVA.

(2) Intensidad correspondiente a la potencia máxima transformador, 1 MVA.

El estado de carga considerado supone los transformadores entregando su máxima potencia. En el lado de 15 kV, la línea 3 aporta su potencia máxima, la línea 1 evacua su potencia máxima y la línea 2 aporta la potencia consumida por los transformadores.

En el lado de BT, cada transformador alimenta a un embarrado independiente. La potencia aportada por cada transformador se reparte equitativamente entre las ocho líneas a las que alimenta, en el caso del transformador 1, y entre cuatro líneas en el caso del transformador 2.

Figura 9. Intensidades estimadas para cálculo de campo magnético



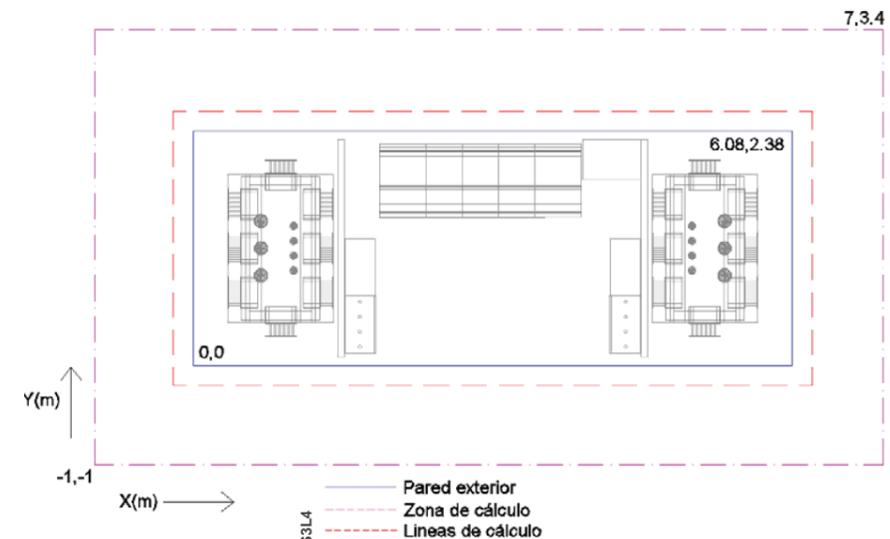
5.2 RESULTADOS

La simulación del campo magnético ha sido realizada con el estado de carga indicado anteriormente, estado de carga máximo realizable. Por tanto, los valores de campo magnético calculados y representados serán superiores a los que se producirán durante el funcionamiento habitual del centro de transformación.

Se ha obtenido el campo magnético en el conjunto de la instalación, a 1 metro de altura del suelo. Los resultados obtenidos se representan tanto en el límite exterior del centro de transformación (requerimiento reglamentario) como en el interior del mismo.

Se han presentado los resultados del campo magnético en el exterior de la pared del centro de transformación, a una distancia de 0,2 m del mismo, según las líneas de cálculo de la figura 10.

Figura 10. Pared exterior y zonas límite del cálculo



Los valores más elevados de campo en el exterior se producen sobre la zona del trafo 1, siendo de 89.89 μ T.

Los resultados se incluyen en el anexo de planos.



5.3 CONCLUSIONES

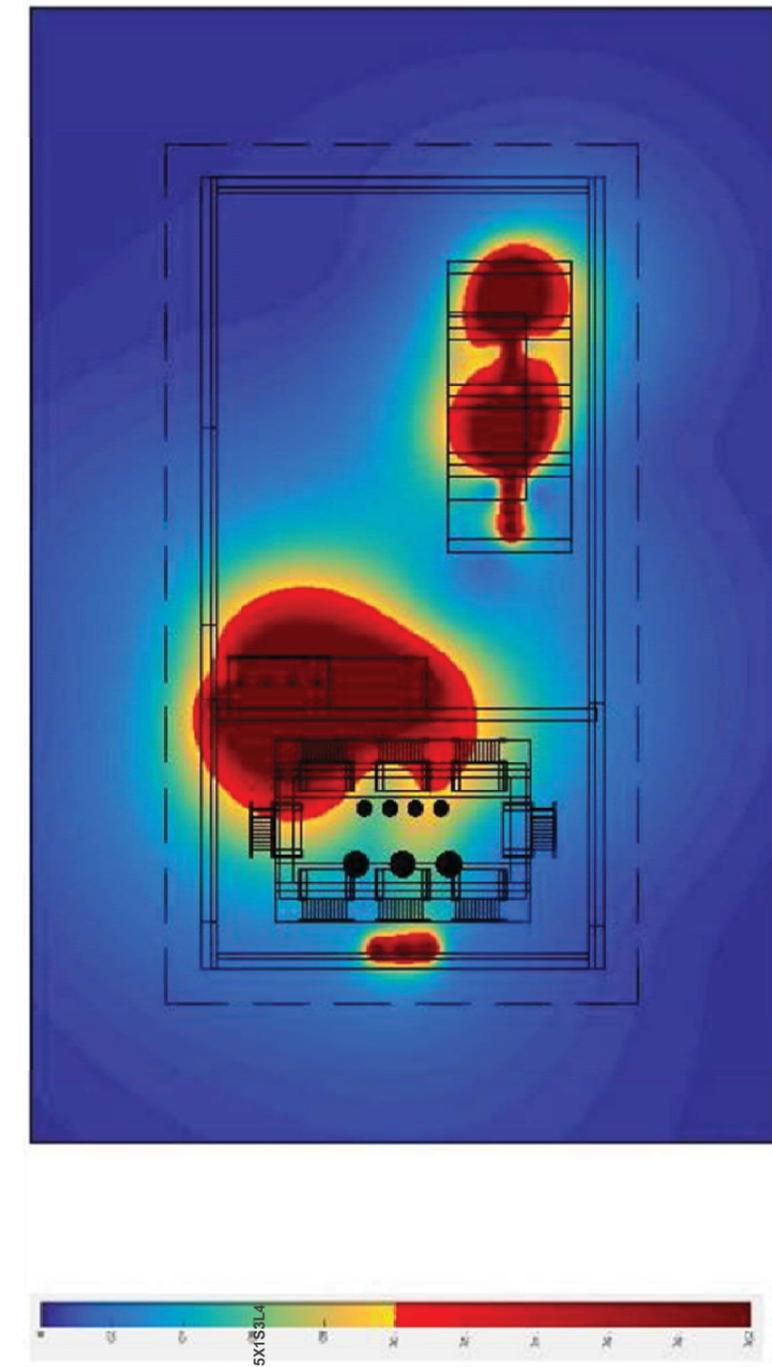
Como conclusión de la simulación y cálculo realizado del campo magnético generado debido a la actividad del centro de transformación tipo prefabricado subterráneo con dos transformadores 24 kV, propiedad de EDE, en las condiciones más desfavorables de funcionamiento, (hipótesis de carga máxima realizable), se obtiene que los valores de radiación emitidos están por debajo de los valores límite recomendados, esto es, 100 μ T para el campo magnético a la frecuencia de la red, 50Hz.

6 REFERENCIAS

- [1] C. Munteanu, Ioan T. Pop, V. Topa, C. Hangea, T. Gutiu, S. Lup "Study of the Magnetic Field Distribution inside Very High Voltage Substations" 2012 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE 2012) IEEE.
- [2] C. Munteanu, C. Diaconu, I. T. Pop, and V. Topa "Electric and Magnetic Field Distribution Inside High Voltage Power Stations from Romanian Power Grid" International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion. IEEE
- [3] G. Visan, I. T. Pop and C. Munteanu "Electric and Magnetic Field Distribution in Substations belonging to Transelectrica TSO" 2009 IEEE Bucharest Power Tech Conference

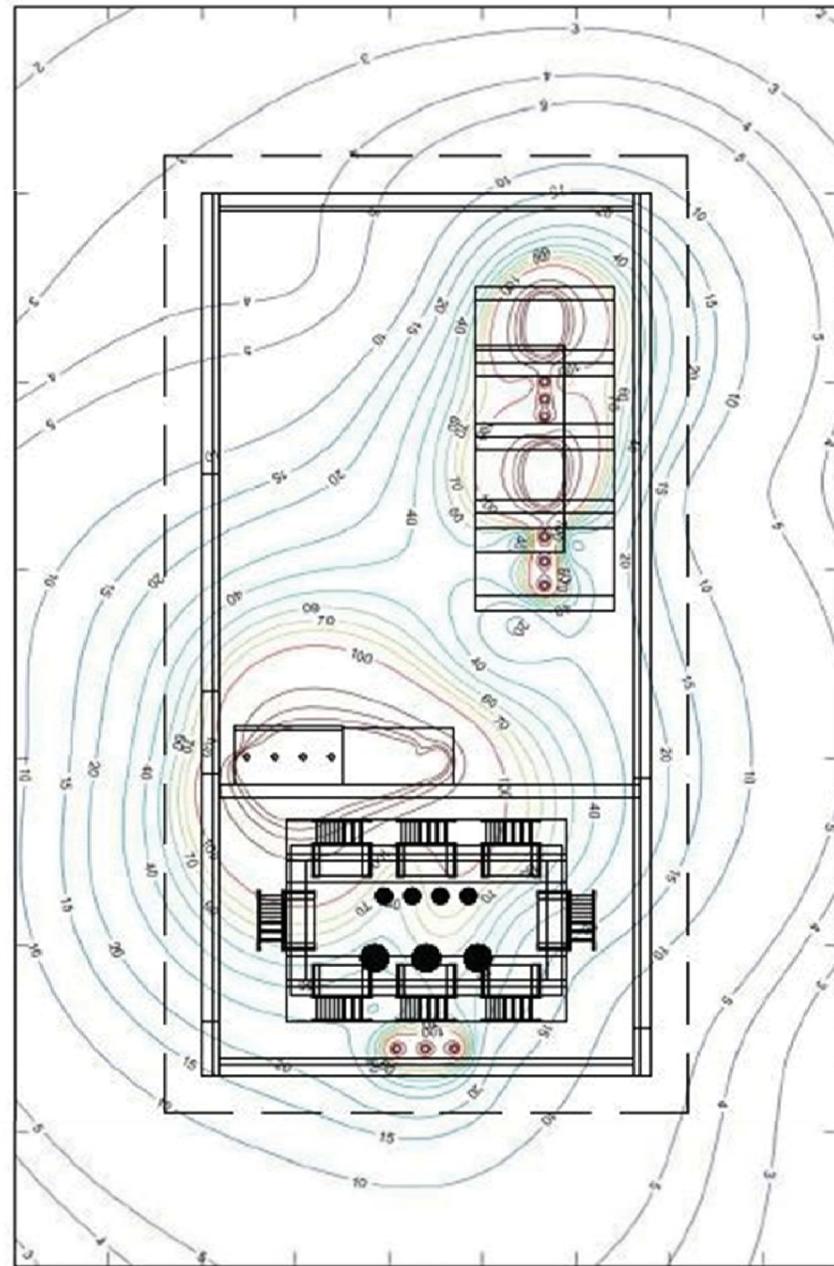
7 ANEXO

7.1 ANEXO A. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN INTERIOR EN EDIFICIO PREFABRICADO EN SUPERFICIE, DE 1 TRANSFORMADOR

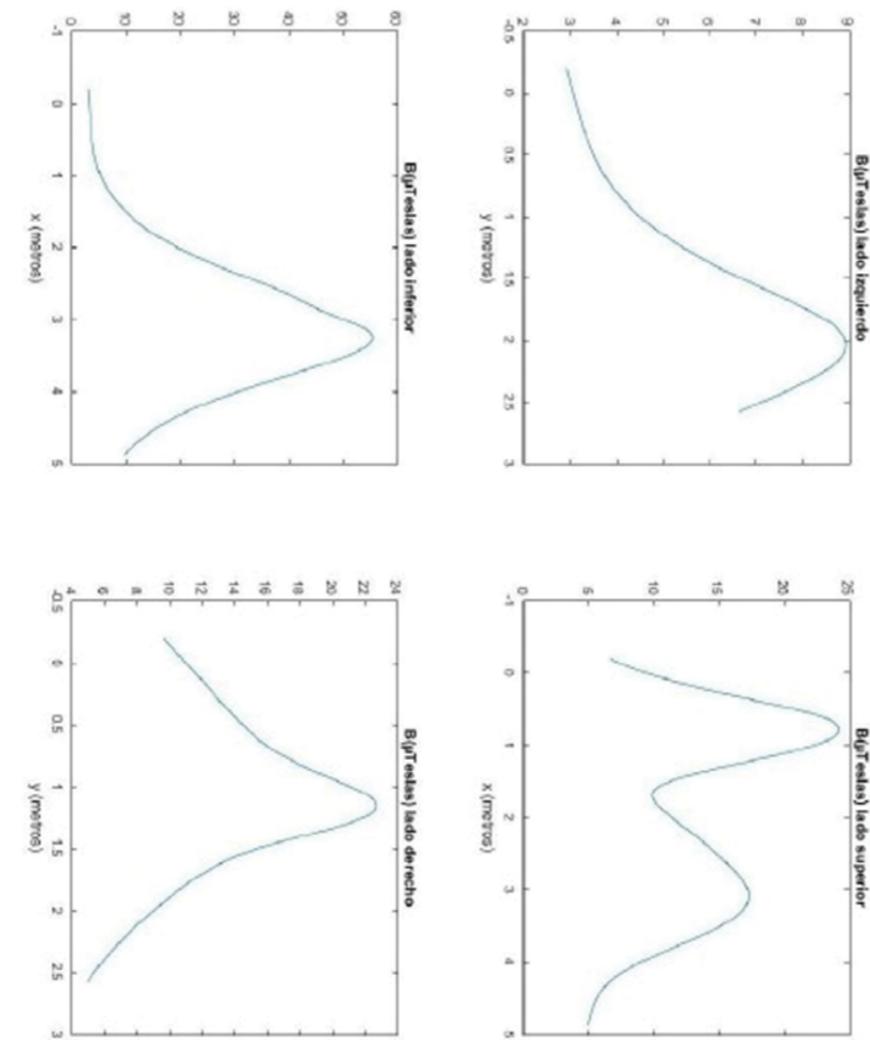


Campo magnético 1 m sobre el suelo del CT.

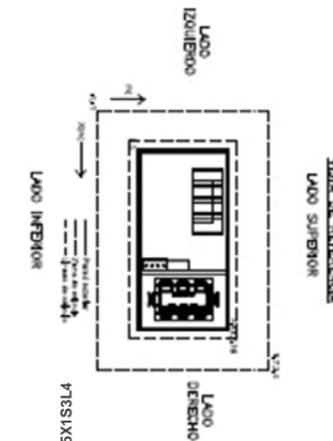




Campo magnético 1 m sobre el suelo del CT. Isolíneas.



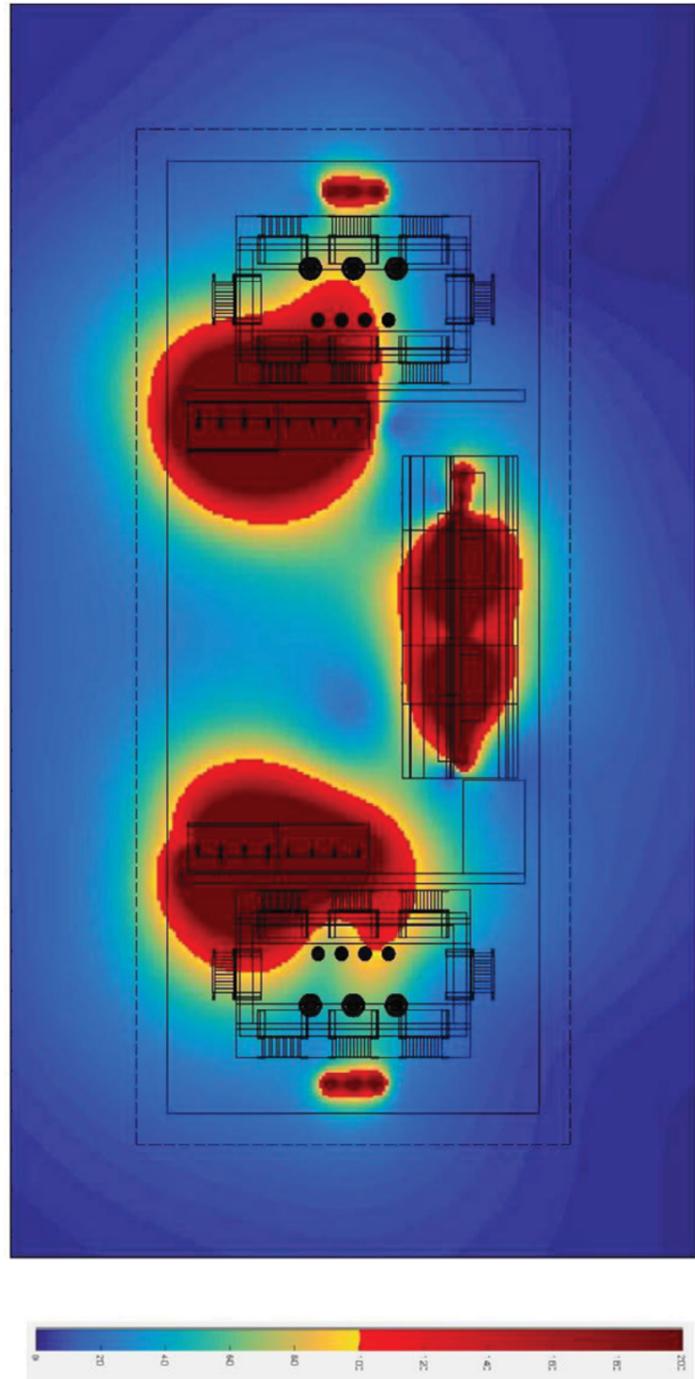
Campo magnético (eslas) a 0,2 metros exterior a la pared
(líneas discontinuas en vista de referencia) y un metro sobre el suelo



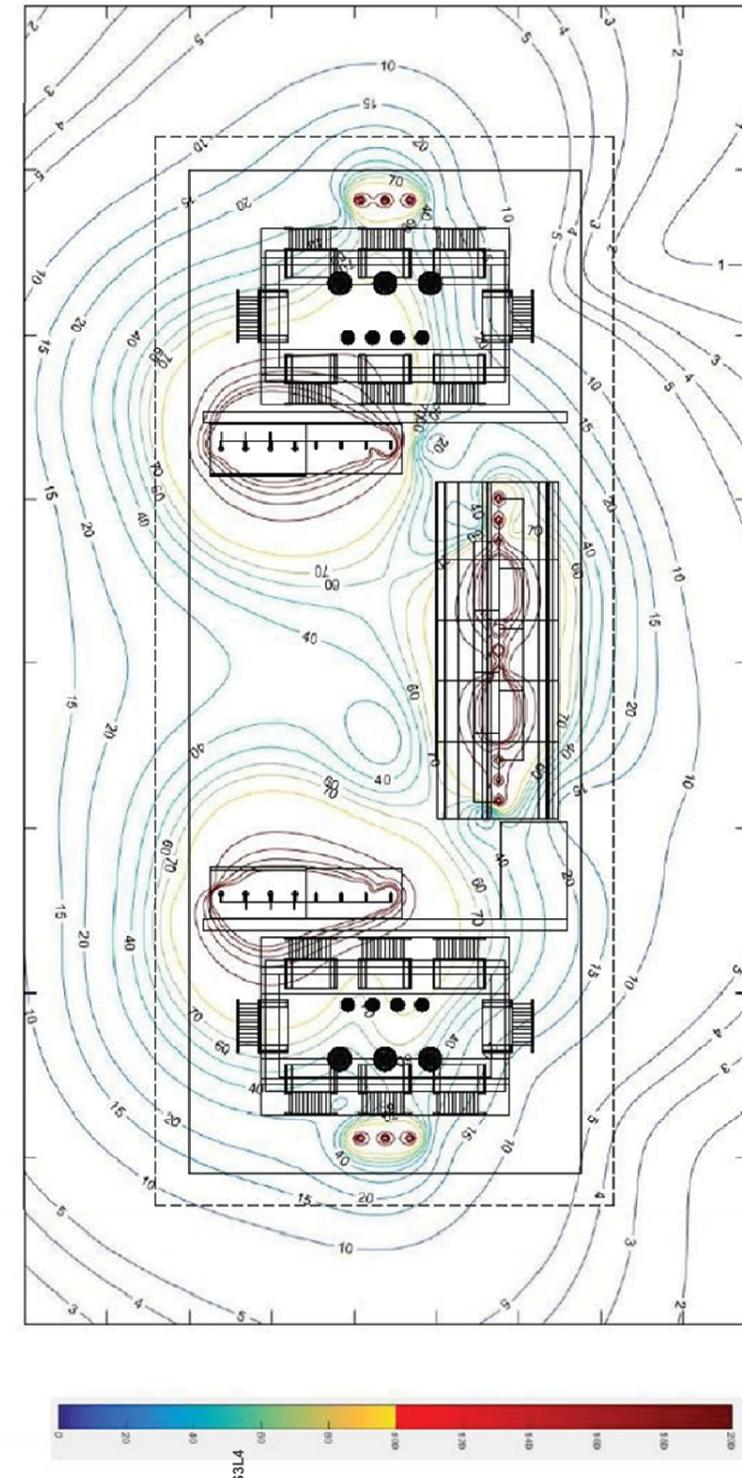
Campo magnético exterior 1 m sobre el suelo del CT y 0,2 m de la pared.



7.2 ANEXO B. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN INTERIOR EN EDIFICIO PREFABRICADO EN SUPERFICIE, DE 2 TRANSFORMADORES



Campo magnético 1 m sobre el suelo del CT.



Campo magnético 1 m sobre el suelo del CT. Isolíneas



CAPÍTULO 5 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD SEGÚN ITC-LAT 06 APARTADO 8 RD 223/2008

1 DESCRIPCIÓN

Para su mejor descripción, el presente capítulo se divide en los siguientes apartados:

Durante la ejecución de la línea proyectada, se tendrán en cuenta los principios descritos en la norma UNE-EN ISO 9001, por lo que se definirán antes del comienzo de los trabajos, los sistemas y procedimientos a seguir para garantizar que estos cumplan con los requisitos del proyecto.

Cada plan de calidad se deberá presentar con las actividades en una secuencia lógica, teniendo en cuenta como mínimo lo siguiente:

a) Descripción del trabajo y orden del programa

Antes del comienzo de los trabajos, en el Plan de calidad, se incluirá una descripción detallada de los trabajos a realizar, indicando las fases de obras a las que pertenecerán, creando así un orden de programación de trabajos.

b) Estructura de la organización para el contrato, así como las direcciones de la oficina principal o cualquier otro centro responsable del trabajo.

En el plan de calidad se incluirán la estructura de la organización, indicando las direcciones de los centros de trabajo, y si hubiese la de la Oficina principal.

c) Obligaciones y responsabilidades asignadas al personal de control de calidad del trabajo.

El personal de control de calidad tendrá unos conocimientos mínimos necesarios para la cualificación de técnicos externos para inspeccionar, los cuales serán:

- Formación básica FP1- eléctrico
- Experiencia mínima de 2 años en montaje y mantenimiento de las instalaciones objeto de la inspección.
- Conocedor de los contenidos de los estándares y normas relacionadas con las instalaciones a supervisar.
- Conocedor de la operativa del procedimiento
- Conocedor de las normas de seguridad aplicables a los trabajos a supervisar.

d) Puntos de control de la ejecución y notificación.

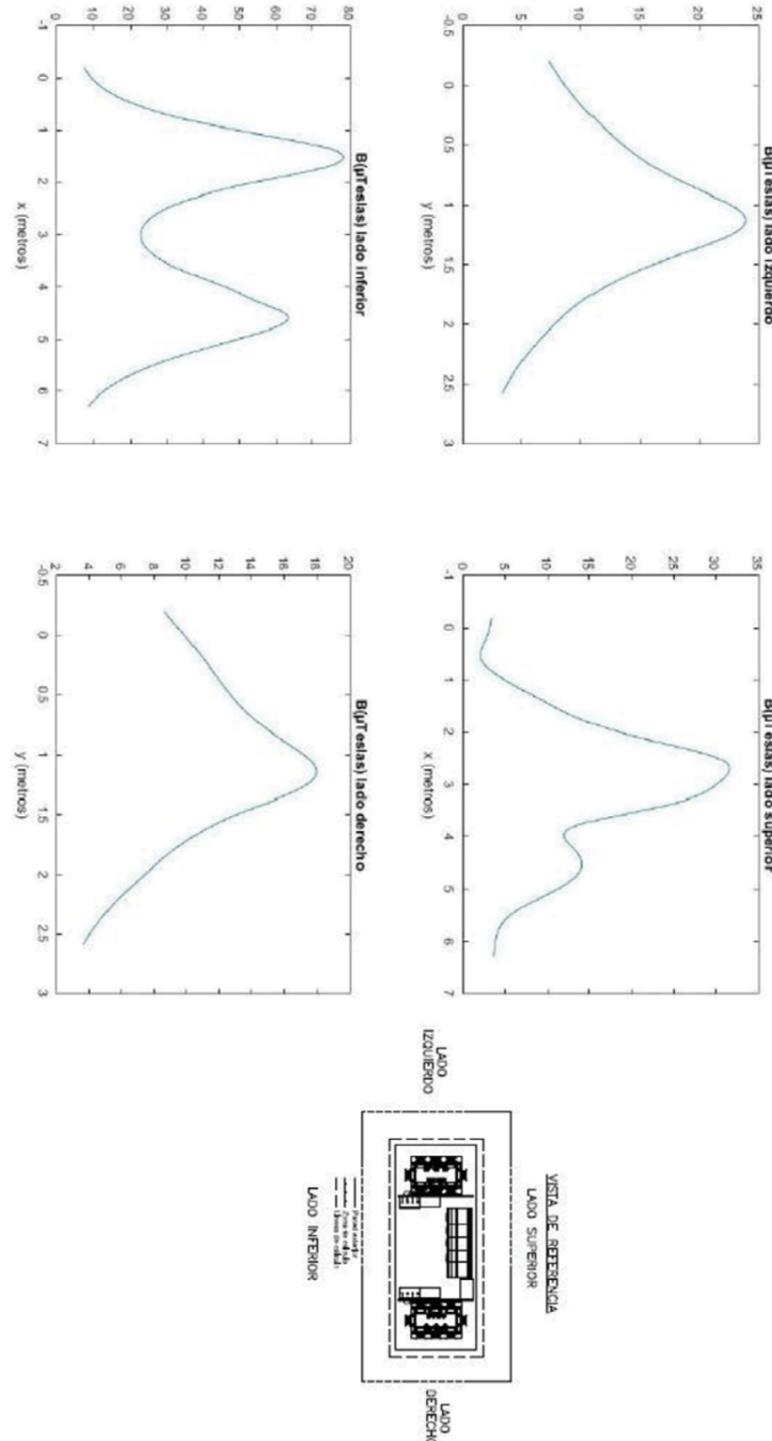
Además, en el Plan de calidad se incluirán los puntos de control de la ejecución de los trabajos y los puntos de control para las notificaciones, realizadas durante las inspecciones.

e) Presentación de los documentos de ingeniería requeridos por las especificaciones de este proyecto.

Al personal de control asignado, se le hará entrega, antes de comenzar los trabajos, de una copia del proyecto y anexos, y demás documentos necesarios que indiquen las especificaciones necesarias para los controles de calidad realizados en las correspondientes inspecciones, descritas en este procedimiento.

f) Inspección inicial de los materiales antes de su instalación o recepción.

El personal de control de calidad, realizará una inspección inicial de los materiales que se instalarán en la obra, objeto del presente proyecto, en su recepción o antes de su instalación, cumplimentando el formulario correspondiente, indicando su conformidad o no conformidad a los materiales inspeccionados, indicando en este formulario, fecha de la inspección, materiales inspeccionados, y en caso de no conformidad, descripción del defecto.



Campo magnético (Gauss) a 0,2 metros exterior a la pared (líneas discontinuas en vista de referencia) y un metro sobre el suelo

Campo magnético exterior 1 m sobre el suelo del CT y 0,2 m de la pared.



g) La referencia a los procedimientos de aseguramiento de la calidad para cada actividad.

Los procedimientos de aseguramiento de la calidad, dependerán de la actividad inspeccionada, para ello se realizarán cumplimentando en cada caso, los formularios de Controles de calidad correspondientes, el contenido de estos formularios contemplará las exigencias de las normas y estándares, y que sean de aplicación a la instalación a supervisar.

h) Inspecciones periódicas durante la instalación proyectada

Las inspecciones de una obra se realizarán en cualquier momento de su ejecución, y siempre sin previo aviso. Si la obra está en su estado inicial, solo se inspeccionarán aquellos aspectos de la misma que se puedan observar.

Los formularios correspondientes a la inspección para el control de calidad, serán cumplimentados por el supervisor en la propia obra, quedando in situ firmados, y correctamente cumplimentados.

La actividad de inspección se desarrollará sobre la base de: observar, anotar y hacer corregir, siempre que sea posible, los defectos observados. En el supuesto que se realice la anotación de un defecto y éste se corrija debido a las observaciones del supervisor, se anotará como defecto y como corregido en las columnas correspondientes del formulario.

En el supuesto que la empresa instaladora, no pueda corregir el defecto observado, se indicara en el formulario el tipo de defecto, crítico, medio o menor.

i) Inspección final y ensayos.

Finalmente se realizará una inspección final, realizándose los ensayos correspondientes.

Una vez realizada la inspección final, se realizará el análisis de los resultados de las inspecciones realizadas, y se elaborará el índice de calidad.

2 ENSAYOS

Una vez ejecutada la instalación, y siempre antes de proceder a su puesta en servicio, se realizarán las pruebas y/o ensayos necesarios, teniendo en cuenta que como mínimo se realizarán los siguientes ensayos:

a) Comprobación visual de los empalmes terminales y demás accesorios a la línea

b) Ensayo de la cubierta:

Verificación de la identificación del marcado de fases

Medición de la continuidad y resistencia óhmica de la pantalla metálica

Verificación de la Integridad de la cubierta (Comprobación del aislamiento de la cubierta)

c) Ensayo del aislamiento del Conductor:

Verificación de la Integridad del aislamiento (Comprobación del aislamiento del conductor)

CAPÍTULO 6 .- MEMORIA DE CÁLCULO. LÍNEA DE MT

1 INTRODUCCIÓN

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.

En este apartado se detalla y justifica el cálculo de los siguientes parámetros:

- Intensidades máximas admisibles para el cable.
 - o En servicio permanente.
 - o En cortocircuito durante un tiempo determinado.
- Pérdidas de potencia.
- Caída de tensión de la línea

2 DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA DE MT

Para los cálculos eléctricos, consideramos la línea subterránea en su forma normal de explotación, es decir, desde el punto de conexión de la subestación hasta la entrada del sector y reparto a los centros de transformación.

La disposición de la línea con forma de anillo, permite la posibilidad de que en caso de rotura, avería o cualquier tipo de maniobra de mantenimiento en cualquiera de sus puntos, la alimentación a los centros esté garantizada, mientras se procede a la correspondiente reparación.

La potencia soportada por cada una de las líneas según los datos de cálculo serían:

		LINEA 1	LINEA 2	LINEA 3	LINEA 4	LINEA 5	LINEA 6
SUMA POTENCIA CONSUMOS PARCELAS (KW)	P	8.637,90	9.239,33	8.457,68	5.322,48	9.310,32	9.338,70
COEFICIENTE SIMULTANEIDAD POR CT	C1	1	1	1	1	1	1
COEFICIENTE SIMULTANEIDAD PARA DIMENSIONAMIENTO LÍNEA	C2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
FACTOR DE POTENCIA COSPHI	FP	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
TOTAL POTENCIA CÁLCULO (KVA)	P*C1*C2 /FP	8.129,79	8.695,84	7.960,17	5.009,39	8.762,65	8.789,36

Lógicamente, el resultado de las comprobaciones resulta favorable para la disposición proyectada, demostrando la validez del diseño realizado.



3 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL CONDUCTOR

Para la realización de los cálculos justificativos se tendrán en cuenta las características del conductor que se detallan en la norma de referencia informativa DND001 Cables aislados para redes aéreas y subterráneas de Media Tensión hasta 30 kV.

Resistencia del conductor

La resistencia del conductor varía con la temperatura de funcionamiento de la línea. Se adopta como temperatura máxima del conductor en régimen permanente 90 °C. El incremento de resistencia en función de la temperatura viene determinado por la expresión:

$$R = R_{20^{\circ}\text{C}} \cdot (1 + \alpha \cdot (\theta - 20^{\circ}\text{C}))$$

Siendo,

α Coeficiente de temperatura del aluminio, 0,00403 °C⁻¹

θ Temperatura máxima del conductor, se adopta el valor correspondiente a 90°C

$R_{20^{\circ}\text{C}}$ Resistencia del conductor a 20°C

Los valores de resistencia para los valores indicados a la temperatura estándar (20 °C) y máxima (90 °C) son:

Tabla 1. Resistencia de los conductores

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
	240	0,125	0,160
	400	0,0778	0,100

Reactancia del cable

La reactancia depende de la geometría y diseño del conductor. Las reactancias de los cables especificados para disposición las tres fases por un mismo tubo y dispuestos en triángulo son:

Tabla 2. Reactancia de los conductores

Conductor	Sección nominal (mm ²)	Reactancia cable 12/20 kV (Ω/km)	Reactancia cable 18/30 kV (Ω/km)
RH5Z1	150	0,114	0,123
	240	0,106	0,114
	400	0,099	0,106

4 INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES PARA EL CABLE

4.1 INTENSIDAD MÁXIMA PARA EL CABLE EN SERVICIO PERMANENTE

Para cada instalación, dependiendo de sus características, configuración, condiciones de funcionamiento, tipo de aislamiento, etc., se justificará y calculará la intensidad máxima permanente del conductor, con el fin de no superar la temperatura máxima asignada del mismo.

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 en la tabla 3.

Tabla 3. Temperaturas máximas admisibles aislamiento conductores

Tipo de aislamiento seco	Servicio permanente θs	Cortocircuito θcc (t ≤ 5s)
Polietileno reticulado XLPE	90 °C	250 °C

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 4.

- Temperatura máxima en el conductor: 90 °C.
- LSMT en servicio permanente .
- 3 cables unipolares en trébol, dentro de un tubo.
- Profundidad de instalación: 1 m.
- Resistividad térmica del terreno: 1,5 K•m/W.
- Temperatura ambiente del terreno a la profundidad indicada: 25 °C.
- Temperatura del aire ambiente: 40 °C.

Tabla 4. Intensidades máximas admisibles en conductores XLPE, Al, bajo tubo.

Sección nominal de los conductores mm ²	Intensidad máxima admisible, I, en A (Cables unipolares en triángulo en contacto)
150	245
240	320
400	415

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 a considerar para la corrección del valor de la intensidad admisible son las siguientes:

- Temperatura del terreno.
- Agrupación de los circuitos.
- Resistividad térmica del terreno.
- Profundidad de la instalación.

Tras la aplicación de los diferentes factores correctores, debe cumplirse que el aumento de temperatura provocado por la circulación de la intensidad calculada no dé lugar a una temperatura, en el conductor, superior a la prescrita en la tabla 3.

Factor relativo a cables enterrados bajo tubo en terrenos cuya temperatura sea distinta de 25°C (Fct)

En la tabla 5 se indican los factores de corrección F, de la Intensidad admisible para temperaturas del terreno distintas de 25°C, en función de la temperatura máxima asignada al conductor.



07E70025106B00V4B5A5X1S3L4



Tabla 5. Factor de corrección, Fct, para temperatura del terreno distinta a 25 oC

Temperatura °C, en servicio permanente, θ_s	Temperatura del terreno, en °C, θ_t								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90	1,11	1,07	1,04	1	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78

El factor de corrección para otras temperaturas del terreno distintas de las tablas será:

$$F_{ct} = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_t}{\theta_s - 25}}$$

Factor relativo a agrupación de circuitos (Fca):

En el caso de que la LSMT se componga de una agrupación de tubos, la intensidad admisible dependerá del tipo de agrupación empleado y variará para cada cable o terna según esté colocado en un tubo central o periférico. Cada caso deberá estudiarse individualmente por el proyectista. Además se tendrán en cuenta los coeficientes aplicables en función de la temperatura y resistividad térmica del terreno y profundidad de la instalación.

Para ternas de cable enterradas en una zanja en el interior de tubos, se aplicarán los coeficientes indicados en la Tabla 6.

Tabla 6. Coeficiente corrector por agrupación de cables

Circuitos en tubulares soterrados (un circuito trifásico por tubo) Tubos dispuestos en plano horizontal			
Circuitos agrupados	Distancias entre tubos en mm		
	Contacto	200	400
2	0,8	0,83	0,87
3	0,7	0,75	0,8
4	0,64	0,7	0,77

Factor relativo a Resistividad Térmica del terreno (Fcr):

Cables instalados en tubos, un circuito por tubo, enterrados en terrenos de resistividad térmica distinta de 1,5 K·m/W.

Tabla 7. Coeficiente corrector para resistividad térmica del terreno distinta a 1,5 K·m/W.

Sección del conductor	Resistividad del terreno (K·m/W)						
	0.8	0.9	1	1.5	2	2.5	3
150	1,14	1,12	1,1	1	0,93	0,87	0,82
240	1,15	1,12	1,1	1	0,92	0,86	0,81
400	1,16	1,13	1,1	1	0,92	0,86	0,81

La resistividad térmica del terreno en función de su naturaleza y humedad viene dada en la tabla 8.

Tabla 8. Resistividad térmica del terreno

Resistividad térmica del terreno (K m/W)	Naturaleza del terreno y grado de humedad
0,40	Inundado
0,50	Muy húmedo
0,70	Húmedo
0,85	Poco húmedo
1,00	Seco
1,20	Arcilloso muy seco
1,50	Arenoso muy seco
2,00	De piedra arenisca
2,50	De piedra caliza
3,00	De piedra granítica

Factor relativo a la Profundidad de la instalación (Fcp):

Cables instalados en tubos a distintas profundidades

Tabla 9. Coeficiente corrector para distintas profundidades de soterramiento

Profundidad (m)	En tubular con sección	
	<= 185 mm2	> 185 mm2
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

En base a los factores expuestos, la intensidad admisible permanente del conductor se calculará por la siguiente expresión:

$$I_{adm} = I \cdot F_{ct} \cdot F_{cr} \cdot F_{ca} \cdot F_{cp}$$

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_{cr} Factor de corrección debido a la resistividad del terreno.



- Fca Factor de corrección debido a la agrupación de circuitos.
Fcp Factor de corrección debido a la profundidad de soterramiento.

Para nuestro caso tendremos:

Sección del cable	240 mm2
Instalación	Enterrado bajo tubo
Intensidad máxima admisible	Iadm = 320 A
Temperatura máxima del terreno 25°C	Fct = 1
Circuitos en paralelo	Fca = 0,8
Tipo de terreno: seco	Fctr = 1
Profundidad del cable 1 m	Fcp = 1
I admisible instalado	256 A

La máxima intensidad que puede circular por el conductor es de 320 A., por lo tanto, la máxima potencia que podrá transportar la red será de:

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_m \cdot 10^{-3} = \sqrt{3} \cdot 20 \cdot 256 \cdot 10^{-3} = 8.868.10 \text{ kVA}$$

Mayor en todo caso a las potencias suministradas por cada una de las líneas de MT.

La intensidad se establece en 320A, siempre y cuando la instalación contemple las siguientes particularidades, según se ha establecido previamente:

- Tª terreno = 25°C
Tª Servicio = 90° C
Resistividad del terreno = 1.5 K · m / W, terreno seco.
Profundidad de la instalación 1 m
1 circuito por tubo

Con lo cual serán necesarias según se ha determinado a lo largo del presente documento seis líneas de distribución que cerrarán en anillo.

4.2 INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE PARA EL CABLE EN CORTOCIRCUITO

La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable, como consecuencia de un cortocircuito o sobreintensidad de corta duración, 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.

A estos efectos, se considera el proceso adiabático, es decir que el calor desprendido durante el proceso es absorbido por los conductores.

Se tiene que cumplir que el valor de la integral de Joule durante el cortocircuito tiene que ser menor al valor máximo de la integral de Joule admisible en el conductor.

$$I_{cc3}^2 \cdot t_{cc} \leq I_{cc3Adm}^2 \cdot t_{cc} = (K \cdot S)^2$$

Con esta fórmula se calcula la Intensidad de cortocircuito trifásico admisible del conductor.

$$I_{cc3Adm}^2 = K \cdot \frac{S}{\sqrt{t_{cc}}}$$

Donde,

I_{cc3Adm} Intensidad de cortocircuito trifásico calculada con hipótesis adiabática en el conductor, en amperios.

S Sección del conductor, en mm2.

K Coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y del tipo de aislamiento. Representa la densidad de corriente admisible para un cortocircuito de 1 segundo y para el caso del conductor de Al con aislamiento XLPE. K=94 A/mm2 suponiendo temperatura inicial antes del cortocircuito de 90 °C y máxima durante el cortocircuito de 250 °C.

t_{cc} Duración del cortocircuito, en segundos.

El tiempo máximo de duración del cortocircuito deberá ser proporcionado por EDE, en nuestro caso a falta de mayor información se establece una duración de cortocircuito de 1 s.

Los valores de cortocircuito máximo admisibles de los conductores especificados en el presente proyecto tipo se detallan en la tabla 10.

Tabla 10. Corrientes de cortocircuito admisibles en los conductores de secciones normalizadas, en kA, I_{cc3Adm}^2

Sección del conductor mm ²	Duración del cortocircuito (s)									
	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
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

El valor de la intensidad de cortocircuito para el cálculo de la LSMT será de 16 ó 20 kA en función de las características de la red a la que se conecte.

Por tanto, para nuestra instalación tendremos que se admiten circuitos cuya duración sea menor de 1s.

Sección del conductor mm ²	I_{cc3}^2	Duración del cortocircuito (s)									
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
240	20 kA	71,3	50,4	41,2	31,9	29,1	22,6	18,4	16,0	14,3	13,0

4.3 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.

Se tiene en cuenta que la pantalla de Al es de 0,3 mm de espesor, con una temperatura inicial de 70 °C y una temperatura final de la pantalla de 180 °C.

En la tabla 11 se indican las intensidades máximas de cortocircuito admisibles (kA) por la pantalla de los cables seleccionados, para diferentes tiempos de duración del cortocircuito.



Tabla 11. Intensidades cortocircuito admisible en pantallas en kA

Conductor	Sección mm ²	Tiempo de cortocircuito en s							
		0,2	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
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
18/30 kV	150	6,53	5,50	4,46	3,41	2,94	2,66	2,46	2,31
	240	7,51	6,32	5,13	3,93	3,38	3,06	2,83	2,66
	400	8,49	7,15	5,80	4,44	3,82	3,45	3,20	3,01

El cable a disponer, deberá cumplir con las intensidades de cortocircuito, según se ha marcado en la tabla anterior, cumpliendo así, que las intensidades de cortocircuito por la pantalla calculadas en el punto de cortocircuito (cortocircuito monofásico) quedan por debajo de los valores de intensidad de cortocircuito máxima admisibles definidos en la tabla 11.

5 PROTECCIONES

Para la protección contra sobrintensidades, cortocircuitos y sobrecargas se cumplirá con lo indicado en la ITC-LAT-06 apartado 7.1. De igual forma para la protección contra sobretensiones lo indicado en el apartado 7.2 de la misma ITC.

6 PÉRDIDAS DE POTENCIA

Las pérdidas de potencia de una línea vendrán dadas por la siguiente expresión:

En valor absoluto:

$$P_p = \frac{P^2 \cdot L \cdot R_{90}}{U^2 \cdot \cos^2 \varphi}$$

En valor porcentual:

$$P_p(\%) = \frac{P \cdot L \cdot R_{90}}{10 \cdot U^2 \cdot \cos^2 \varphi}$$

Donde,

P Potencia a transportar, en kW.

L Longitud de la línea den km

U Tensión de la línea en Kv

R_{90} Resistencia del conductor a 90 °C en Ω /km

$\cos \varphi$ factor de potencia de la instalación

Calculando la P a transportar con la expresión,

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Siendo,

P Potencia a transportar por el cable, en kW.

U Tensión de la línea en Kv

I Intensidad de la línea en A

$\cos \varphi$ factor de potencia de la instalación

Sustituyendo:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 20 \cdot 256 \cdot 0.85 = 7.537,89 \text{ kW}$$

Obteniendo por tanto una pérdida de potencia de (tomando el caso más desfavorable de todos los anillos):

$$P_p(\%) = \frac{P \cdot L \cdot R_{90}}{10 \cdot U^2 \cdot \cos^2 \varphi} = \frac{7.537,89 \cdot 4,6 \cdot 0,160}{10 \cdot 20^2 \cdot 0,85^2} = 1,92 \%$$

7 CAÍDA DE TENSIÓN

La caída de tensión se calculará en el punto final del tramo (L) proyectado mediante la siguiente expresión:

En valor absoluto:

$$U_c = \frac{P \cdot L}{U} \cdot (R_{90} + X \cdot \tan \varphi)$$

En valor porcentual:

$$U_c(\%) = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R_{90} + X \cdot \tan \varphi)$$

Donde

P Potencia a transportar en KW

L Longitud de la línea den km

U Tensión de la línea en Kv

R_{90} Resistencia del conductor a 90 °C en Ω /km

X Reactancia de la línea en Ω /km

$\tan \varphi$ Tangente del ángulo definido por el factor de potencia

Para la línea a disponer, se obtiene la siguiente caída de tensión, para el caso más desfavorable, en el que el cable suministre la totalidad de la potencia posible:

$$U_c = \frac{P \cdot L}{U} \cdot (R_{90} + X \cdot \tan \varphi) = \frac{7.537,89 \cdot 4,6}{20} \cdot (0,160 + 0,114 \cdot 0,619) = 399,73 \text{ V}$$

Lo cual representa una caída de tensión en término porcentual de:

$$U_c(\%) = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R_{90} + X \cdot \tan \varphi) = \frac{7.537,89 \cdot 4,6}{10 \cdot 20^2} \cdot (0,160 + 0,114 \cdot 0,619) = 1,99 \%$$

Valor totalmente admisible, al representar una caída de tensión del 1.99%, teniendo en cuenta además, que estamos del lado de la seguridad, al haber supuesto el cable al máximo de su potencia admisible.



CAPÍTULO 7 .- MEMORIA DE CÁLCULO. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

1 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

1.1 INTRODUCCIÓN

El cálculo de la instalación de puesta a tierra de los CT se realizará según el "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría" elaborado por UNESA.

1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN

1.2.1 Puesta a tierra general

Cuando se produce un defecto a tierra en una instalación de MT, se provoca una elevación del potencial en el circuito de puesta a tierra general a través del cual circulará la intensidad de defecto. Al disiparse dicha intensidad por la red de tierra aparecen en el terreno gradientes de potencial. En el diseño del sistema de puesta a tierra general se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Seguridad de las personas en relación a las elevaciones de potencial.
- Sobretensiones peligrosas para las instalaciones.
- Valor de la intensidad de defecto que haga actuar las protecciones, asegurando la eliminación de la falta.

1.2.2 Puesta a tierra de neutro

El sistema de puesta a tierra de neutro se diseñará bajo el criterio de que su resistencia de puesta a tierra sea inferior a 37Ω . Con esto se consigue que un defecto a tierra en la instalación de un cliente, protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de 650 mA de sensibilidad, no ocasione en el electrodo de puesta a tierra de neutro una tensión superior a 24 V ($37 \times 0.65 \approx 24$).

2 DATOS INICIALES

Los datos necesarios para realizar el cálculo serán:

U Tensión de servicio de la red MT (V).

Ubt Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT (V).

ρ Resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$).

Imáx d Intensidad máxima de defecto (A).

Duración de la falta:

Tipo de relé para desconexión inicial (tiempo Independiente o Dependiente).

la' Intensidad de arranque del relé de desconexión inicial (A).

t' Relé de desconexión inicial a tiempo independiente. Tiempo de actuación del relé (s).

k, α Relé de desconexión inicial a tiempo dependiente. Constantes del relé que dependen de su curva característica intensidad-tiempo.

kv Factor de tiempo de ajuste de relé de protección.

Reenganche rápido, no superior a 0'5 s. (Si o No). En caso afirmativo: Tipo de relé del reenganche (Tiempo Independiente o Dependiente).

la'' Intensidad de arranque del relé tras el reenganche rápido (A).

t'' Relé a tiempo independiente. Tiempo de actuación del relé (s) tras en reenganche rápido.

k, α Relé tiempo dependiente. Constantes del relé.

kv Factor de tiempo de ajuste de relé de protección.

Para el caso de red con neutro aislado:

Ca Capacidad homopolar de la línea aérea (F/Km). Normalmente se adopta $Ca=0,006 \square F/Km$.

La Longitud total de las líneas aéreas de media tensión subsidiarias de la misma transformación AT/MT (Km).

Cc Capacidad homopolar de la línea subterránea (F/Km). Normalmente se adopta $Cc=0,25 \square F/Km$.

Lc Longitud total de las líneas subterráneas de media tensión subsidiarias de la misma transformación AT/MT (Km).

ω Pulsación de la corriente ($\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot \pi \cdot 50 = 314,16 \text{ rad/s}$). Para el caso de red con neutro a tierra.

Rn Resistencia de la puesta tierra del neutro de la red (Ω).

Xn Reactancia de la puesta tierra del neutro de la red (Ω).

A continuación, se detallan los pasos seguidos para el cálculo y diseño de la instalación de tierra

3 CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA GENERAL

3.1 INVESTIGACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO. RESISTIVIDAD

Para instalaciones de tercera categoría y de intensidad de cortocircuito a tierra menor o igual a 1'5 kA, el apartado 4.1 de la ITC-RAT 13 admite la posibilidad de estimar la resistividad del terreno o medirla.

Para la estimación de la resistividad del terreno es de utilidad la tabla 1, en la que se dan valores orientativos de la misma en función de la naturaleza del suelo:

Tabla 1. Resistividad del terreno

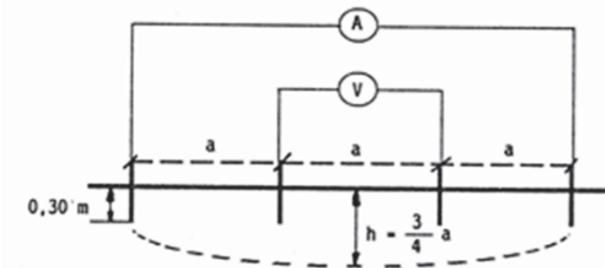
Naturaleza del terreno	Resistividad ($\Omega \cdot m$)
Terrenos pantanosos	De algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y arcillas compactas	100 a 200
Margas del jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500



Naturaleza del terreno	Resistividad ($\Omega \cdot m$)
Arena silíceas	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300
Rocas de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedentes de alteración	1500 a 10000
Granitos y gres muy alterados	100 a 600
Hormigón	2000 a 3000
Balasto o grava	3000 a 5000

En el caso de que se requiera realizar la medición de la resistividad del terreno, se recomienda utilizar el método de Wenner. Se clavarán en el terreno cuatro picas alineadas a distancias (a) iguales entre sí y simétricas con respecto al punto en el que se desea medir la resistividad (ver figura siguiente). La profundidad de estas picas no es necesario que sea mayor de unos 30 cm.

Figura 1. Método de Wenner. Medición de la resistividad del terreno



Dada la profundidad máxima a la que se instalará el electrodo de puesta a tierra del CT (h), se calculará la interdistancia entre picas para realizar la medición mediante la siguiente expresión:

$$a = \frac{4}{3} \cdot h$$

Con el aparato de medida se inyecta una diferencia de potencial (V) entre las dos picas centrales y se mide la intensidad (I) que circula por un cable conductor que una las dos picas extremas. La resistividad media del terreno entre la superficie y la profundidad h viene dada por:

$$\rho_h = \frac{2 \cdot \pi \cdot a \cdot U}{I}$$

Si denominamos r a la lectura del aparato:

$$r = \frac{U}{I}$$

La resistividad quedará:

$$\rho_h = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot r$$

Siendo,

ρ_h Resistividad media del terreno entre la superficie y la profundidad h ($\Omega \cdot m$).

r Lectura del equipo de medida (Ω).

a Interdistancia entre picas en la medida (m).

Dada que la instalación proyectada se determina una intensidad de cortocircuito a tierra menor de 1,5 kA y es de tercera categoría, se establece según el tipo de suelo una resistividad media de 200 Ohm·m

3.2 DETERMINACIÓN DE LA INTENSIDAD DE DEFECTO A TIERRA Y DEL TIEMPO MÁXIMO DE ELIMINACIÓN DEL EFECTO

3.2.1 Intensidad de puesta a tierra

La intensidad de puesta a tierra, I_E , es la parte de la intensidad de defecto que circula por el electrodo de puesta a tierra general del CT y por lo tanto que provoca la elevación del potencial de la instalación de tierra.

$$I_E = r \cdot I_d$$

Siendo r el factor de reducción, que depende del número de instalaciones con las puestas a tierra conectadas en paralelo a la instalación proyectada, y del tipo de conductor de tierra o cable aislado utilizado (pantallas RSMT conectadas a tierra).

3.2.2 Resistencia máxima de la puesta a tierra general del CT

En caso de producirse un defecto a tierra, la sobretensión originada no debe ser superior al nivel de aislamiento de la instalación de BT del CT, es decir, se debe verificar, para el caso más restrictivo, que:

$$I_E \cdot R_t \leq U_{bt}$$

Por tanto, la resistencia máxima de la puesta a tierra de masas o general del CT se puede calcular por la expresión:

$$R_t \leq \frac{U_{bt}}{I_E}$$

3.2.3 Intensidad de defecto y parámetros de la red

El cálculo de la intensidad de defecto a tierra tiene una formulación diferente según el sistema de instalación de la puesta a tierra del neutro de la red.

Neutro aislado

La intensidad de defecto a tierra es la capacitiva de la red respecto a tierra, y depende de la longitud y características de las líneas de MT de la subestación que alimenta el CT.

Excepto en aquellos casos en los que el proyectista justifique otros valores, para el cálculo de la corriente máxima de defecto a tierra en una red con neutro aislado, se aplicará la siguiente expresión:

$$I_d = \frac{c \cdot \sqrt{3} \cdot U \cdot \omega \cdot (C_a \cdot L_a + C_c \cdot L_c)}{\sqrt{[\omega \cdot (C_a \cdot L_a + C_c \cdot L_c)]^2 + (3 \cdot R_t)^2}}$$



El valor de la intensidad de defecto a tierra máxima se obtiene cuando Rt es nulo:

$$I_{máx,d} = c \cdot \sqrt{3} \cdot U \cdot \omega \cdot C$$

Siendo,

Id Intensidad de defecto a tierra del CT (A).

Imáx d Intensidad máxima de defecto a tierra de la red (A).

c factor de tensión indicado en la norma UNE-EN 60909-0, de valor 1,1.

Rt Resistencia de la puesta a tierra de protección del CT (Ω).

U Tensión de servicio de la red MT (V).

C Capacidad entre fase y tierra de los cables y líneas de salida de la subestación (F). $C = C_a \cdot L_a + C_s \cdot L_s$.

El resto de variables tienen la definición y unidades dadas en el apartado de Datos iniciales. Esto mismo es aplicable para el resto de apartados del presente documento.

Conocido el valor de la corriente máxima de la red, se obtiene la capacidad total entre fase y tierra de las líneas que salen de la subestación.

$$C = \frac{I_{máx,d}}{c \cdot \sqrt{3} \cdot U \cdot \omega}$$

Por lo tanto, considerando la puesta a tierra general del CT (Rt), la intensidad de defecto a tierra para un eventual defecto en la instalación proyectada se puede calcular con la siguiente expresión:

$$I_d = \frac{c \cdot \sqrt{3} \cdot U}{\sqrt{(3 \cdot R_t)^2 + \left(\frac{1}{\omega \cdot C}\right)^2}}$$

Neutro a tierra

La intensidad de defecto a tierra, en el caso de redes con el neutro a tierra, es inversamente proporcional a la impedancia del circuito que debe recorrer. Como caso más desfavorable y para simplificar los cálculos, salvo que el proyectista justifique otros aspectos, sólo se considerará la impedancia de la puesta a tierra del neutro de la red de media tensión y la resistencia del electrodo de puesta a tierra. Esto supone estimar nula la impedancia homopolar de las líneas o cables, con lo que se consigue independizar los resultados de las posteriores modificaciones de la red. Este criterio no será de aplicación en los casos de neutro unido rígidamente a tierra, en los que si se considerará dicha impedancia.

Para el cálculo se aplicará, salvo justificación, la siguiente expresión:

$$I_d = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_t^2 + X_{LTH}^2}}$$

El valor de la intensidad de defecto a tierra máxima se obtiene cuando Rt es nulo

$$I_{máx,d} = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot X_{LTH}}$$

Donde,

Id Intensidad máxima de defecto a tierra del CT (A).

c factor de tensión indicado en la norma UNE-EN 60909-0, de valor 1,1.

Rt Resistencia de la puesta a tierra de protección del CT (Ω).

XLTH Impedancia equivalente (Ω).

El valor establecido por la compañía eléctrica es de Idmax = 200 A.

Por lo tanto, conocido el valor de la corriente máxima de la red se obtiene la impedancia equivalente de la red:

$$X_{LTH} = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot I_{máx,d}} = \frac{1,1 \cdot 20000}{\sqrt{3} \cdot 200} = 63,51 \Omega$$

3.2.4 Tiempo de eliminación del efecto

Las líneas de MT que alimentan los CT disponen de los dispositivos necesarios para despejar, en su caso, los posibles defectos a tierra mediante la apertura del interruptor que actúa por la orden transmitida por un relé que controla la intensidad de defecto.

Respecto a los tiempos de actuación de los relés, las variantes normales son las siguientes:

Relés a tiempo independiente:

El tiempo de actuación no depende del valor de la sobreintensidad. Cuando esta supera el valor del arranque, actúa en un tiempo prefijado. En este caso:

$$t' = cte.$$

Relés a tiempo dependiente:

El tiempo de actuación depende inversamente de la sobreintensidad. Algunos de los relés más utilizados responden a la siguiente expresión:

$$t' = \frac{k}{\left(\frac{I_d}{I_a}\right)^\alpha - 1} \cdot k_v$$

Siendo,

Id Intensidad de defecto (A)

I'a Intensidad de ajuste del relé de protección (A)

α, k Constantes características de la curva de protección k_v Factor de tiempo de ajuste de relé de protección

t' Tiempo de actuación del relé de protección (s)

A continuación, en la tabla 2 se dan valores de las constantes k y α para los tipos de curva más habituales.

Tabla 2. Curvas de disparo habituales

	Normal inversa ($\alpha = 0,02$)	Muy inversa ($\alpha = 1$)	Extremadamente inversa ($\alpha = 2$)
k	0,13	13,5	96

En el caso de que exista reenganche rápido (menos de 0'5 segundos), el tiempo de actuación del relé tras el reenganche será:

Relé a tiempo independiente

$$t'' = cte.$$

Relé a tiempo dependiente:



La autenticidad de este documento se puede comprobar con el código 07E70025106B00V4B5A5X1S3L4 en la web del Ayto. Antequera

FIRMANTE - FECHA
ARMEN MARIA CABALLERAS BARON-SECRETARIA ACCTAL. - 04/07/2023
SerialNumber=S2833002E,CN=Sello de tiempo TS@ - @firma,OU=Secretaría General de Administración Digital,O=Secretaría de Estado de Función Pública,C=ES - 04/07/2023 13:52:26
APROBACION DEFINITIVA POR JUNTA GOBIERNO LOCAL, EN SESION EXTRAORDINARIA Y URGENTE, DE FECHA 02 DE JUNIO DE 2023

DOCUMENTO: 20232429035
Fecha: 04/07/2023
Hora: 13:52



$$t'' = \frac{k}{\left(\frac{I_d}{I'_a}\right)^\alpha - 1} \cdot k_v$$

La duración total de la falta será la suma de los tiempos correspondientes a la primera actuación más el de la desconexión posterior al reenganche rápido.

$$t = t' + t''$$

3.3 DISEÑO PRELIMINAR DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA. SELECCIÓN DEL ELECTRODO.

La resistencia de tierra del electrodo, que depende de su forma, dimensiones y de la resistividad del suelo, se puede calcular de acuerdo a las fórmulas contenidas en la tabla 3, o mediante programas u otras expresiones numéricas suficientemente probadas:

Tabla 3. Resistencia electrodos habituales

Tipo de electrodo	Resistencia en ohmios
Pica vertical	$R_{t} = \rho/L$
Conductor enterrado horizontalmente	$R_{t} = 2\rho/L$
Malla de tierra	$R_{t} = \rho/4r \cdot \rho/L$

- R Resistencia de tierra del electrodo en Ω
- ρ Resistividad del terreno de $\Omega \cdot m$.
- L Longitud en metros de la pica o del conductor, y en malla la longitud total de los conductores enterrados.
- r radio en metros de un círculo de la misma superficie que el área cubierta por la malla.

También pueden seleccionarse electrodos de entre las configuraciones tipo de las tablas del Anexo 2 del Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de UNESA. Las distintas configuraciones posibles vienen identificadas por un código que contiene la siguiente información:

Electrodos con picas en anillo

A-B / C / DE

- A Dimensión del lado mayor del electrodo (dm).
- B Dimensión del lado menor del electrodo (dm).
- C Profundidad a la que está enterrado el electrodo, es decir, la cabeza de las picas (dm).
- D Número de picas.
- E Longitud de las picas (m).

Electrodos con picas alineadas

A / BC

- A Profundidad a la que está enterrado el electrodo, es decir, la cabeza de las picas (dm).

- B Número de picas.
- C Longitud de las picas (m).

Una vez seleccionado el electrodo, obtendremos de las tablas del Anexo 2 del Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de UNESA sus parámetros característicos:

- Kr Valor unitario de la resistencia de puesta a tierra ($\Omega / \Omega \cdot m$)
- Kp Valor unitario que representa la máxima tensión de paso unitaria en la instalación ($V / \Omega \cdot m \cdot A$)
- Kc Valor unitario que representa la máxima tensión de contacto unitaria en la instalación ($V / \Omega \cdot m \cdot A$)

SELECCIÓN DEL ELECTRODO

El diseño preliminar de la instalación se realiza basándose en las configuraciones tipo presentadas en el Anexo 2 del método de cálculo de instalaciones de puesta a tierra de UNESA, acorde a la forma y dimensiones del Centro de transformación, según el método de cálculo desarrollado por este organismo.

- Características de la red de alimentación: U = 20 kV
- Puesta a tierra del neutro: Resistencia del neutro Rn = 48 Ohm
- Reactancia del neutro Xn = 0 Ohm
- Limitación de la intensidad a tierra Idmax = 200 A
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT Vbt = 10000 V
- Características del terreno: Resistencia a tierra Ro = 200 Ohm·m
- Resistencia del hormigón Ro' = 3000 Ohm·m

La intensidad de defecto se calcula a partir de la siguiente expresión, ya expuesta en apartados anteriores:

$$I_d = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_t^2 + X_{LTH}^2}} = \frac{1,1 \cdot 20000}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{16,8^2 + 63,51^2}} = 193,35 \text{ A}$$

Para, la obtención de Rt, se preselecciona, de entre los incluidos en las tablas, la siguiente configuración:

- Configuración seleccionada 75/25/5/42
- Geometría del sistema Anillo rectangular
- Distancia de la red 7x2.5 m
- Profundidad del electrodo horizontal 0,5 m
- Numero de picas 4
- Longitud de las picas 2 m
- Parametros característicos del electrodo Kr = 0,084 **Rt = 0.084·200 = 16.8 Ohm**
- Kp = 0,0186
- Kc = 0,0409

Y por tanto, comprobamos que la protección en baja tensión del transformador, es capaz de soportar un defecto a tierra, según se determinó en apartados anteriores:

$$I_d \cdot R_t \leq U_{bt}$$

$$193,35 \cdot 16,8 \leq 10000 \quad \text{CUMPLE}$$



3.4 CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA, INTENSIDAD DE DEFECTO Y TENSIONES DE PASO PARA EL ELECTRODO SELECCIONADO

A continuación, se calculan los valores de la resistencia de puesta a tierra (R'_t), intensidad de defecto (I_E) y tensión de defecto (V_d') del electrodo seleccionado mediante las siguientes expresiones:

Resistencia de puesta a tierra del electrodo seleccionado:

$$R'_t = K_r \cdot \rho$$

$$R'_t = 0,084 \cdot 200 = 16,8 \Omega$$

Intensidad de defecto a tierra:

- Para neutro aislado: $I_E = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_t'^2 + \left(\frac{X_{LTH}}{r}\right)^2}}$ siendo $X_{LTH} = \frac{-j}{3 \cdot \omega \cdot C}$
- Para neutro a tierra (nuevos cables).

$$I_E = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_t'^2 + \left(\frac{X_{LTH}}{r}\right)^2}} = \frac{1,1 \cdot 20.000}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{16,8^2 + \left(\frac{63,51 \Omega}{1}\right)^2}} = 193,35 A$$

Tensión de defecto:

$$U_d' = R'_t \cdot I_E$$

$$U_d' = R'_t \cdot I_E = 16,8 \Omega \cdot 193,35 A = 3.248,3 V$$

En general, la tensión de paso en el exterior (U_p') y la tensión de contacto (U_c') se calculan mediante las siguientes fórmulas:

Tensión de paso máxima:

$$U_p' = K_p \cdot \rho \cdot I_E = 0,0186 \cdot 200 \cdot 193,35 = 719,26 V$$

Tensión de contacto máxima:

$$U_c' = K_c \cdot \rho \cdot I_E = 0,0409 \cdot 200 \cdot 193,35 = 1.581,6 V$$

Además, al existir un malazo equipotencial en la solera del CT conectado al electrodo de puesta a tierra, la tensión de paso de acceso será equivalente al valor de la tensión de contacto en el exterior, por lo tanto:

Tensión de paso máxima en el acceso:

$$U_{p(acc)}' = K_c \cdot \rho \cdot I_E$$

Debido a la existencia del malazo equipotencial, no se considera necesario calcular las tensiones de paso y contacto en el interior del CT, que serán prácticamente nulas.

La tensión de contacto en el exterior también se considera nula puesto que las partes metálicas accesibles no están conectadas a la red de tierra de protección, adoptándose las medidas necesarias para evitar la puesta en tensión de estas partes metálicas accesibles por causa de un defecto o avería.

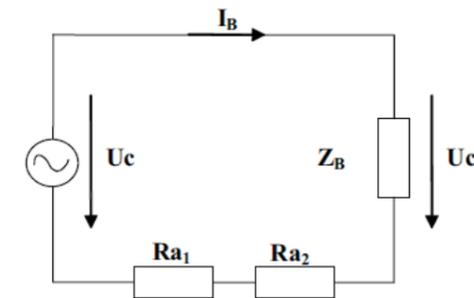
3.5 VALORES MÁXIMOS DE TENSIÓN ADMISIBLES

De acuerdo a lo establecido en la ITC-RAT-13, la tensión máxima admisible por el cuerpo humano depende de la duración de la corriente de falta (calculada en el apartado 4.2.2), según se refleja en la tabla 4:

Tabla 4. Tensión de contacto aplicada admisible, Tabla 1 ITC-RAT 13

Duración de la falta tF (s)	Tensión de contacto aplicada admisible Uca (V)
0,05	735
0,1	633
0,2	528
0,3	420
0,4	310
0,5	204
1	107
2	90
5	81
10	80
>10	50

A partir de estos valores admisibles de tensión aplicada, se pueden determinar las máximas tensiones de contacto o paso admisibles en la instalación, U_c y U_p , considerando todas las resistencias que intervienen entre el punto en tensión y el terreno:



Donde:

- U_{ca} Tensión de contacto aplicada admisible.
- U_{pa} Tensión de paso aplicada admisible ($U_{pa}=10 \cdot U_{ca}$ según ICT-RAT-13).
- Z_B Impedancia del cuerpo humano (se considera 1.000Ω).
- I_B Corriente a través del cuerpo.
- U_c Tensión de contacto máxima admisible en la instalación.
- U_p Tensión de paso máxima admisible en la instalación.
- R_{a1} Resistencias adicionales (calzado).
- R_{a2} Resistencias adicionales (contacto con el suelo).



A partir de estos valores admisibles de tensión aplicada, se pueden determinar las máximas tensiones de contacto o paso admisibles en la instalación, U_c y U_p , considerando todas las resistencias que intervienen entre el punto en tensión y el terreno:

$$U_c = U_{ca} \cdot \left[1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2Z_B} \right] = U_{ca} \cdot \left[1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1,5\rho_s}{1000} \right]$$

$$U_p = U_{pa} \cdot \left[1 + \frac{2R_{a1} + 2R_{a2}}{Z_B} \right] = 10U_{ca} \cdot \left[1 + \frac{2R_{a1} + 6\rho_s}{1000} \right]$$

Que responde al siguiente planteamiento:

- Se supone que la resistencia del cuerpo humano es de 1.000 Ω .
- Se asimila cada pie a un electrodo en forma de placa de 200 mm² de superficie, ejerciendo sobre el suelo una fuerza mínima de 250 N, lo que representa una resistencia de contacto con el suelo de 3 \cdot ps, donde ps es la resistividad del terreno.
- Según cada caso, Ra1 es la resistencia del calzado, la resistencia de superficies de material aislante, etc. El Reglamento de instalaciones eléctricas de alta tensión permite utilizar valores de 2.000 Ω para esta resistencia.

Para los casos en los que el terreno se recubra de una capa adicional de elevada resistividad (por ejemplo, la losa de hormigón con o sin una capa adicional de emulsión asfáltica), se multiplicará el valor de la resistividad de la capa de terreno adicional, por un coeficiente reductor. El coeficiente reductor se obtendrá de la expresión siguiente:

$$C_s = 1 - 0.106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho}{\rho^*}}{2h_s + 0.106} \right)$$

Siendo:

- Cs coeficiente reductor de la resistividad de la capa superficial.
hs espesor de la capa superficial.
 ρ resistividad del terreno natural.
 ρ^* resistividad de la capa superficial.

Teniendo por tanto en cuenta una capa de 30 cm de hormigón (resistividad 3.000 ohm·m), Cs = 0,8598678, por lo que para este caso

$$U_p = 6454 \text{ V}$$

3.6 COMPROBACIÓN DE QUE CON EL ELECTRODO SELECCIONADO SE SATISFACEN LAS CONDICIONES EXIGIDAS

3.6.1 Seguridad para las personas

Tensiones de paso y contacto en el interior del CT

La solera del CT estará dotada del correspondiente mallazo equipotencial, por lo tanto, no existirá riesgo por tensiones de paso o contacto en el interior, ya que serán prácticamente nulas.

Tensión de contacto en el exterior del CT

Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del CT no tienen contacto eléctrico con ningún elemento susceptible de quedar en tensión como consecuencia de un defecto a tierra, por lo que no es necesario realizar el cálculo de la tensión de contacto exterior que será prácticamente nula.

Tensión de paso en exterior y de paso en el acceso al CT

La tensión de paso en el exterior del CT, calculada para el electrodo seleccionado, debe ser menor o igual que el máximo valor admisible de la tensión de paso:

$$U'_p \leq U_p$$

$$719,26 \text{ V} < 6454 \text{ V}$$

De igual modo, la tensión de paso en el acceso al CT para el electrodo seleccionado, debe ser menor o igual que el máximo valor admisible de la tensión de paso en el acceso:

$$U'_{p(acc)} \leq U_{p(acc)}$$

$$1581,6 \text{ V} < 6999,61 \text{ V} (10 \cdot U_c)$$

3.6.2 Protección del material

La tensión de defecto debe ser menor o igual que el nivel de aislamiento a frecuencia industrial de los equipos de BT del CT:

$$U'_d \leq U_{bt}$$

$$3248,3 \text{ V} < 10.000 \text{ V}$$

3.6.3 Garantía de eliminación de la falta

La intensidad de arranque de las protecciones tendrá que ser superior a la intensidad de defecto:

$$I_d > I'_d \text{ y } I_d > I''_d$$

$$I_a = 50 \text{ A} < 193.35 \text{ A} < I_{dmax} = 200 \text{ A}$$

3.7 CORRECCIÓN Y AJUSTE DEL DISEÑO INICIAL

En el caso de que con el electrodo seleccionado se incumpla alguna de las condiciones indicadas en el apartado anterior, deberemos escoger otra configuración de electrodo y repetir todo el proceso.

Aumentando la longitud total de electrodo horizontal, el número de picas o su longitud, disminuirá R_t' , y en consecuencia los valores de U_p' y $U_p'(acc)$.



4 CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO

Como ya se ha indicado anteriormente, para garantizar la actuación de las protecciones diferenciales de las instalaciones de BT de los clientes, se adopta un valor máximo de la resistencia de puesta a tierra de neutro de 37Ω .

Por lo tanto, podemos calcular el valor unitario máximo de la resistencia de puesta a tierra del neutro de BT como

$$K'_r = \frac{37}{\rho} = \frac{37}{200} = 0,185$$

$$K'_r = \frac{37}{\rho}$$

Se seleccionará la configuración del electrodo de entre los del tipo picas en hilera (Anexo 2 del Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de UNESA) de manera que su valor unitario de resistencia (K_r'') cumpla la condición:

$$K_r'' \leq K'_r$$

Se opta por tanto por el siguiente sistema de tierras de servicio con las siguientes:

Identificación	5/32 (según método UNESA)
Geometría	Picas alineadas
Número de picas	Tres
Longitud de picas	2 m
Profundidad de picas	0,5 m
Parametros de la configuración	$K_r = 0,135$ $K_c = 0,0252$

De esta forma se cumplirá que el valor de la resistencia de puesta a tierra del neutro de BT (R_{bt}') es menor de 37Ω :

$$R'_{bt} = K''_r \cdot \rho = 0,135 \cdot 200 = 27 \leq 37\Omega$$

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.

5 SEPARACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA GENERAL Y DE NEUTRO

La separación mínima (D) entre los sistemas de puesta a tierra general y de neutro requerida para garantizar que, ante posibles defectos a tierra, no se transfieran tensiones peligrosas se calcula mediante la fórmula:

$$D > \frac{\rho \cdot I_E}{2 \cdot \pi \cdot 1000} \approx \frac{\rho \cdot I_E}{6.283} = \frac{200 \cdot 193.35 A}{6.283} = 6.15 m$$

Siendo,

D Distancia entre circuitos de puesta a tierra (m).

ρ Resistividad media del terreno ($\Omega \cdot m$).

IE Intensidad de defecto por el electrodo seleccionado (A).

Ui Tensión inducida sobre el electrodo de puesta a tierra de neutro (V). Se adopta $U_i = 1.000 V$.

6 SISTEMA ÚNICO PARA LAS PUESTAS A TIERRA GENERAL Y DE NEUTRO

Si se cumple que la elevación de potencial, como consecuencia de un eventual defecto a tierra en las instalaciones de MT y CT, es inferior o igual a 1.000 V, se podrá prescindir de la tierra de neutro y conectar el neutro de la baja tensión del transformados a la tierra general del CT.

$$R_t \cdot I_E \leq 1.000 V \rightarrow \text{tierra única}$$

Siendo,

R Resistencia de puesta a tierra de protección (Ω)

IE Intensidad de defecto por el electrodo seleccionado (A).

En nuestro caso no se cumple, por lo que no procede su aplicación.

7 PUENTES MT Y BT

7.1 INTRODUCCIÓN

En el presente apartado se pretende justificar que las secciones propuestas para los puentes tanto de alta como de baja tensión indicados en la memoria resultan adecuadas, para lo cual se deberá cumplir, en el caso de funcionamiento a plena potencia del transformador, que la intensidad que circule por los mismos sea inferior a la intensidad térmica admisible del conductor.

7.2 INTENSIDAD EN MT.

La intensidad del primario en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

Siendo:

S Potencia del transformador en kVA.

UP Tensión del primario del transformador (MT) en kV.

IP Intensidad del primario del transformador (MT) en A.

A continuación, en la tabla 5 se dan los valores calculados para los casos más habituales de potencia del transformador y tensión del primario.



Tabla 5. Intensidades nominales de primario para transformadores

Potencia del transformador (kVA)	Tensión nominal primario (kV)							
	6	10	11	13,2	15	20	25	30
50	4,8	2,9	2,6	2,2	1,9	1,4	1,2	1,0
100	9,6	5,8	5,2	4,4	3,8	2,9	2,3	1,9
160	15,4	9,2	8,4	7	6,2	4,6	3,7	3,1
250	24,1	14,4	13,1	10,9	9,6	7,2	5,8	4,8
400	38,5	23,1	21	17,5	15,4	11,5	9,2	7,7
630	60,6	36,4	33,1	27,6	24,2	18,2	14,5	12,1
1000	--	57,7	52,5	43,7	38,5	28,9	23,1	19,2

7.3 DIMENSIONADO DE LAS CONEXIONES DE MT

Los conductores empleados en la conexión de MT entre el transformador y las celdas tomarán como referencia la norma informativa **DND001 Cables aislados para redes aéreas y subterráneas de Media Tensión hasta 30 kV.**

- Tensión nominal de la red ≤ 20 kV: tensión de aislamiento 12/20 kV y de 95 mm² de sección mínima.
- Tensión nominal de la red > 20 kV y ≤ 30 kV: tensión de aislamiento 18/30 kV y de 150 mm² de sección mínima.

7.3.1 Intensidad máxima admisible para el cable en servicio permanente

La intensidad máxima admisible de las secciones anteriores son las indicadas en la Tabla 6. Se ha tomado de la ITC-LAT-06 Tablas 6 y 13, para la temperatura máxima admisible de los conductores y condiciones del tipo de instalación allí establecidas.

Tabla 6. Intensidades máximas admisibles conductor

Sección nominal de los conductores mm ²	Instalación al aire	Instalación directamente enterrada
	Cable aislado con XLPE	Cable aislado con XLPE
95	255	205
150	335	260
Temperatura máxima en el conductor: 90° C	- Temperatura del aire: 40° C - Una terna de cables unipolares en contacto mutuo. - Disposición que permita una eficaz renovación del aire.	- Temperatura del terreno: 25° C - 3 cables unipolares en tresbolillo - Profundidad de instalación: 1 m - Resistividad térmica del terreno: 1,5 K·m/W - Temperatura aire ambiente: 40°C

La intensidad máxima en régimen permanente que circulará por estos cables no será superior a 60,6 A según los cálculos que figuran anteriormente, siendo dichos valores muy inferiores a las máximas admisibles por los cables seleccionados (255 A y 335 A respectivamente), en consecuencia, no se tendrá en cuenta el calentamiento en condiciones normales de funcionamiento.

7.3.2 Intensidad máxima admisible para el cable en cortocircuito

La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable, como consecuencia de un cortocircuito o sobreintensidad de corta duración, 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.

A estos efectos, se considera el proceso adiabático, es decir que el calor desprendido durante el proceso es absorbido por los conductores.

Se tiene que cumplir que el valor de la integral de Joule durante el cortocircuito tiene que ser menor al valor máximo de la integral de Joule admisible en el conductor.

$$I_{cc3}^2 \cdot t_{cc} \leq I_{cc3 Adm}^2 \cdot t_{cc} = (K \cdot S)^2$$

Con esta fórmula se calcula la Intensidad de cortocircuito trifásico admisible del conductor.

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

I_{cc3 Adm}. Intensidad de cortocircuito trifásico calculada con hipótesis adiabática en el conductor, en amperios.

S Sección del conductor, en mm².

K Coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y del tipo de aislamiento. Representa la densidad de corriente admisible para un cortocircuito de 1 segundo y para el caso del conductor de Al con aislamiento XLPE. K=94 A/mm² suponiendo temperatura inicial antes del cortocircuito de 90 °C y máxima durante el cortocircuito de 250 °C.

t_{cc} Duración del cortocircuito, en segundos.

El tiempo máximo de duración del cortocircuito deberá en ningún caso ser superior a 1 segundo.

Los valores de cortocircuito máximo admisibles de los conductores especificados en el presente proyecto tipo se detallan en la tabla 7.

Tabla 7. Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores de secciones normalizadas, en kA

Sección del conductor mm ²	Duración del cortocircuito (s)						
	0,01	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0
95	89,3	28,2	20,0	16,3	12,6	11,5	8,9
150	141,0	44,6	31,5	25,7	19,9	18,2	14,1

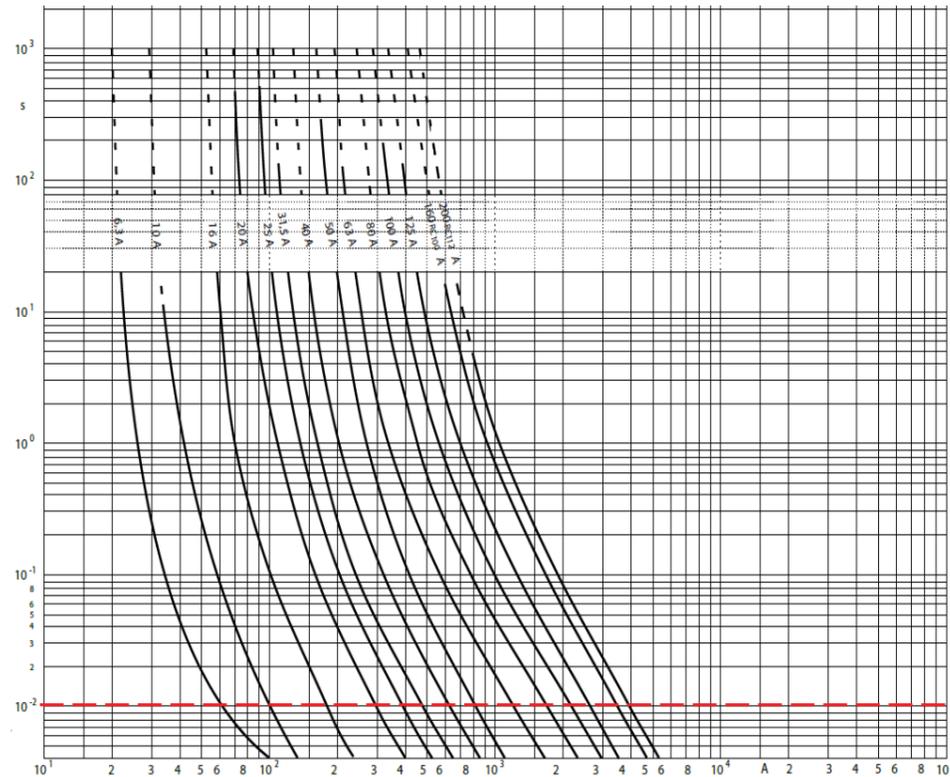
El valor de la intensidad de cortocircuito para el diseño del centro de transformación será de 16 ó 20 kA en función de las características de la red a la que se conecte.

Aunque la intensidad de cortocircuito máxima prevista de 20 kA puede llegar a ser superior a la intensidad máxima admisible por los cables de las conexiones de MT, estos últimos están protegidos por los cortacircuitos fusibles de protección del transformador por lo que su dimensionamiento se considera adecuado.

En la gráfica 1 se detallan las curvas de fusión para el calibre de los fusibles habituales. Se observa que para sobreintensidades debidas a eventuales cortocircuitos (kA) el tiempo de actuación de los fusibles de los cortacircuitos es instantáneo (inferior a 10 ms) y para este tiempo de actuación la intensidad máxima admisible de cable de conexión de MT es muy superior a la intensidad de cortocircuito esperada.



Gráfica 1. Curvas fusión fusibles



7.3.3 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.

Se tiene en cuenta que la pantalla de Al es de 0,3 mm de espesor, con una temperatura inicial de 70 °C y una temperatura final de la pantalla de 180 °C.

En la tabla 8 se indican las intensidades máximas de cortocircuito admisibles (kA) por la pantalla de los cables seleccionados, para un tiempo de duración del cortocircuito de 1 segundo.

Tabla 8. Intensidades cortocircuito admisible en pantallas en kA

Sección del conductor mm ²	Intensidad máxima admisible durante 1 segundo (kA)
95 mm ² - 12/20 kV	2,56
150 mm ² - 18/30 kV	2,90

7.4 INTENSIDAD EN BT

La intensidad máxima (nominal) que circula por los puentes de BT se puede calcular mediante la fórmula:

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Siendo:

S Potencia nominal del transformador (kVA).

Us Tensión del secundario del transformador (BT) en kV.

Is Intensidad del secundario del transformador (BT) en A.

A continuación, en la tabla 9 se dan los valores calculados para los casos más habituales de potencia del transformador y tensión del secundario.

Tabla 9. Potencias e intensidades nominales transformadores distribución B1B2

Tensión nominal del secundario (kV)	Potencia del transformador (kVA)	Intensidad nominal del secundario (A)
B1 – 0,23	50	94 (*)
	100	188 (*)
	160	301 (*)
	250	471 (*)
	400	753 (*)
B2 – 0,40	630	1.186 (*)
	50	72
	100	144
	160	231
	250	361
	400	578
	630	910
	1000	1.443

(*) En transformadores clase B1B2 se ha considerado un 75% de la potencia nominal para el nivel de tensión B1 (230 V).

7.5 DIMENSIONADO DE LAS CONEXIONES DE BAJA TENSIÓN

7.5.1 Intensidad máxima

Según la Tabla 11 de la ITC-BT-07 para conductores de 240 mm² de aluminio con aislamiento XLPE, la intensidad máxima admisible (Imáx) es de 420 A.

El cálculo de las conexiones de BT se realiza partir de la máxima corriente admisible por los conductores aplicando los siguientes factores correctores debidos a las condiciones particulares de instalación (instalación al aire, apartado 3.1.4 de la ITC-BT-07):

- Temperatura del aire circundante superior a 40°C. Consideraremos una temperatura de 50° C, para la que el factor de corrección a aplicar resulta ser f1 = 0,90 (Tabla 13).



Tabla 10. Puentes de BT (Tensión B2)

Potencia del trafo (kVA)	Tensión del secundario				
	B2 (400 V)				
	Composición del puente - mm ² Al (fases+neutro)	In (A)	Imáx (A)	f ₁	I _{adm} (A) <i>I_{adm} = f₁ · I_{máx}</i>
50	3x1x240+1x240	72	420	0,9	378
100	3x1x240+1x240	144	420	0,9	378
160	3x1x240+1x240	231	420	0,9	378
250	3x1x240+1x240	361	420	0,9	378
400	3x2x240+1x240	577	840	0,9	756
630	3x3x240+2x240	909	1.260	0,9	1.134
1.000	3x4x240+2x240	1.443	1.680	0,9	1.512

Tabla 11. Puentes de BT (Tensión B1)

Potencia del trafo (kVA)	Tensión del secundario				
	B1 (230 V)				
	Composición del puente (fases) (mm ² Al)+neutro	In (A)	Imáx (A)	f ₁	I _{adm} (A) <i>I_{adm} = f₁ · I_{máx}</i>
50	3x1x240+1x240	94	420	0,9	378
100	3x1x240+1x240	188	420	0,9	378
160	3x1x240+1x240	301	420	0,9	378
250	3x2x240+1x240	471	840	0,9	756
400	3x3x240+2x240	753	1.260	0,9	1.134
630	3x4x240+2x240	1.186	1.680	0,9	1.512

Se cumple que la intensidad admisible es superior a la nominal del transformador, por lo que se concluye que el puente está adecuadamente dimensionado.

CAPÍTULO 8 RED DE BAJA TENSIÓN SEGÚN “NRZ002”

1 OBJETO Y CONTENIDO DEL PROYECTO

En el presente documento se describen los diferentes elementos que componen la Red de Baja Tensión, para dotar a la urbanización del suministro eléctrico necesario, en relación a los cuadros de alumbrado y a las acometidas provisionales de las obras de edificación.

La nueva red de Baja Tensión, partirá de los Centros de Transformación definidos en los apartados anteriores correspondientes.

Todos los centros de han proyectado como centros de transformación de 1x400 V más seccionamiento. Disponiendo de acometidas a los servicios públicos únicamente 5 de ellos.

Las ubicaciones de los armarios, cajas de seccionamiento y generales, será dentro del límite parcelas privadas, adosados a fachadas, y totalmente accesibles desde la vía, pública, con servidumbre garantizada, no permitiéndose líneas por patios interiores, garajes, parcelas cerradas, etc. Siempre que sea posible discurrirán bajo las aceras. El trazado será lo más rectilíneo posible, teniendo en cuenta los radios de curvatura mínimo de los cables, y respetando los cambios de dirección.

Se dispondrán líneas de 3x1x150+1x95 mm² de cable tipo XZ1 Al-XLPE-0,6/1 kV bajo tubo de PEAD, de 160 mm de diámetro. Además se dispondrá de un tubo de reserva a lo largo de toda la longitud, y dos en el caso de cruces con calzada.

2 NORMATIVA DE APLICACIÓN

Para la confección del presente Proyecto, se tendrán en cuenta los siguientes Reglamentos y Disposiciones Legales:

- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Ley 21/1992 de 16/07/1992, Ley de industria.
- Real Decreto 1955/2000 de 01/12/2000, ELECTRICIDAD. Regula las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-BT-01 a 52.
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT-01 a 09.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT-01 a 23.
- Real Decreto 1048/2013, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de distribución de energía eléctrica.
- Orden IET/2660 / 2015, de 11 de diciembre, por la que se aprueban las instalaciones tipo y los valores unitarios de referencia de inversión, de operación y mantenimiento por elemento de inmovilizado.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (Orden 12 de abril de 1999).



- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 1164/2001, de 26 de diciembre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL)
- Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana
- CTE-DB-SI (Seguridad en caso de incendio).
- AMYS 1.4-10 Placas de señalización de seguridad relacionadas con la electricidad. Tipos normalizados y empleo.
- Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).
- Orden FOM/1382/2002, de 16 mayo, por la que se actualizan determinados artículos del pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes a la construcción de explanaciones, drenajes y cimentaciones.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, sobre disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción y modificaciones posteriores.
- 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 330/2016, de 9 de septiembre, relativo a medidas para reducir el coste del despliegue de las redes de comunicaciones electrónicas de alta velocidad.
- Reglamento Europeo de Productos de Construcción (UE) N° 305/2011 por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción.
- Normas UNE de obligado cumplimiento según se desprende de los Reglamentos y sus correspondientes revisiones y actualizaciones.
- Especificación Particular de Endesa Distribución NRZ101. Instalaciones privadas conectadas a la red de distribución. Generalidades.
- Especificación Particular de Endesa Distribución NRZ103. Instalaciones de enlace conectadas a la red de distribución. Consumidores en Baja Tensión.
- Especificación Particular de Endesa Distribución NRZ105. Instalaciones de enlace conectadas a la red de distribución. Generadores en Baja Tensión.
- Especificación Particular de Endesa Distribución NRZ001. Instalaciones de distribución en Alta Tensión de $Un \leq 36kV$.
- Normas UNE de aplicación.
- Ordenanzas y Normas del Ayuntamiento de Antequera.

3 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE E-DISTRIBUCIÓN

Corresponde el suministro de energía eléctrica a Edistribución Redes Digitales S.L.U., que dará servicio en corriente alterna trifásica a la tensión de 400V/230V y 50 Hz a los suministros de Baja Tensión, apoyados en la red de Media Tensión y Centros de Transformación contemplados en proyecto independiente.

3.1 TENSIÓN NOMINAL DE LA RED

La tensión nominal de las nuevas redes de BT será 400 V entre fases y 230 V entre fase y neutro, a la frecuencia de 50 Hz.

Excepcionalmente se pueden dar situaciones en las que una nueva LBT se conecte a una red existente 230/133V, en cuyo caso el suministro final será a 230V (conexión entre fases). En cualquier caso, estas instalaciones se diseñarán para soportar una tensión nominal de 400/230V, previendo la futura sustitución del transformador.

3.2 NIVEL DE AISLAMIENTO DE LA RED

El nivel de aislamiento de los distintos componentes de la red de distribución se detalla en cada uno de los apartados establecidos a tal efecto a lo largo de las presentes Especificaciones Particulares.

3.3 CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO

La intensidad de cortocircuito máxima prevista en la red de distribución será de 20 kA eficaces.

4 CRITERIOS GENERALES DE LA RED DE BAJA TENSIÓN

Para conexiones a la red de distribución de BT existente, teniendo en cuenta la previsión de cargas, a la caja general de protección del consumidor final debe llegar una tensión no inferior al 93% ni superior al 107 % de la tensión nominal de la red.

Para líneas nuevas con origen en el centro de transformación (CT), se establece, como criterio de cálculo para determinar la sección del conductor, que la caída de tensión desde éste hasta cualquier caja general de protección, no sea superior al 5 %.

El sistema de tensión alterna será trifásico con neutro puesto a tierra (sistema TT).

En las redes de BT deberá quedar asegurada la continuidad del neutro en todo momento.

Las redes de BT estarán protegidas frente a sobrecargas y cortocircuitos.

5 JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD DE LA INSTALACIÓN

La red de distribución en Baja tensión, se diseña para dotar de energía eléctrica a los cuadros de alumbrado público y parcela de ubicación del depósito, así como dejar previsión para las acometidas provisionales de obras de edificación.

Se aporta a continuación tabla resumen con las superficies y viviendas previstas por parcelas:

- CT3 - Cuadro de Mando 1 - 13,05 kW
- CT5 – Cuadro de Mando 2 – 18,15 kW
- CT11 – Cuadro de Mando 3 – 21,15 kW
- CT2 – Cuadro de Mando 4 – 18,2 Kw
- CT6 - Cuadro de Mando 5 – 15,6 kW
- Acometida al depósito – CT5 – 100 kW



La previsión de cargas y el coeficiente de simultaneidad de estas áreas, se ha realizado conforme a la Instrucción de la Dirección General de Industria, Energía y Minas de fecha de 14/10/2004, sobre previsión de cargas y coeficientes de simultaneidad en áreas de uso residencial y áreas de uso industrial (BOJA num. 216 de 5 de noviembre).

6 CONFIGURACIÓN DE LA RED DE BAJA TENSIÓN

Los instrumentos de planeamiento urbanístico, conforme a lo señalado en el art 112 del RD 1955/2000, deben contemplar desde su origen la planificación de las instalaciones de distribución necesarias en suelo urbano o urbanizable.

La estructura general de la red se diseñará teniendo en cuenta la demanda total necesaria del plan urbanístico que electrifica. De haber ejecuciones parciales por fases, la red a construir será siempre una parte de la estructura general necesaria para la demanda total, y evolucionable a la situación final de la red.

En el proyecto eléctrico de la red distribución correspondiente a la urbanización deberá quedar reflejado el trazado y la composición de la red de BT en su totalidad, incluso acometidas, arquetas, canalizaciones, cajas y armarios de seccionamiento, etc.

Para determinar el carácter aéreo o subterráneo de las redes se tendrá en cuenta la clasificación del suelo según el artículo 21 del Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana.

Dentro del suelo rural, existen áreas para las que los planes de ordenación territorial y urbanística prevén o permiten su paso a la situación de suelo urbanizado, que ya tienen una delimitación de sectores concretos con un plan de urbanización previsto todavía sin ejecutar. Estas áreas son las que se denominan suelo rural sectorizado o delimitado.

La nueva red BT a construir será subterránea tanto en suelo urbanizado como en suelo rural sectorizado. En el resto del suelo rural, la red será aérea.

Las pequeñas extensiones de red o acometidas desde red existente tendrán el mismo carácter aéreo o subterráneo de la red a que se conectan, sin perjuicio de otras prescripciones que puede establecer el órgano competente en otorgar la licencia de obras.

Conexión	Tipo de Suelo	Tipo de red
Red BT desarrollada desde un nuevo CT a construir.	Suelo urbanizado y rural sectorizado.	Red subterránea de configuración mallada con explotación radial.
	Suelo rural.	Red aérea a desarrollar desde nuevo CT.
Red BT desarrollada desde un CT existente.	Suelo urbanizado y rural sectorizado.	Red subterránea de configuración mallada o radial en función de la red existente.
	Suelo rural.	Red aérea.
Red BT desarrollada desde la red BT existente.	Cualquiera	Red de la misma tipología que la red a la que se conecta.

En nuestro caso, se trata de una nueva urbanización que se desarrollará a partir de CT de nueva construcción, por lo que la red será mallada de explotación radial.

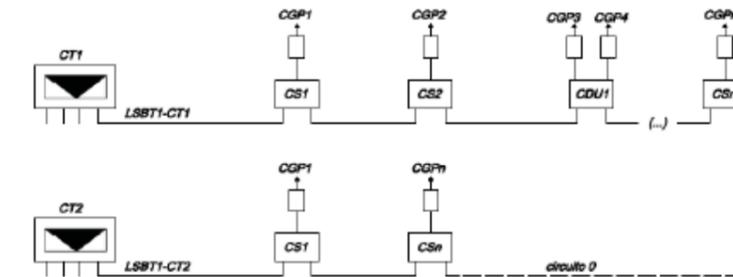
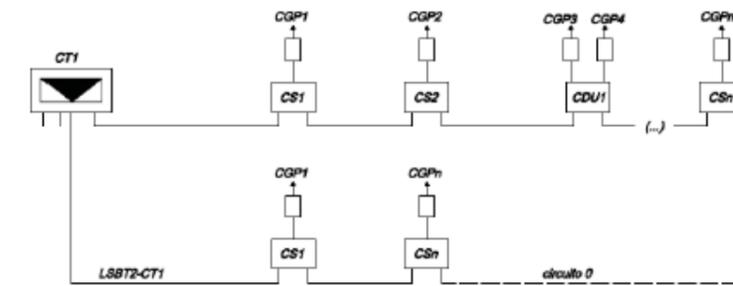
A continuación, se describe la estructura de red mallada y radial.

6.1.1 Red mallada

La red BT presenta una estructura mallada cuando dos líneas de BT se conectan entre ellas mediante un dispositivo de seccionamiento adecuado.

Estas líneas podrán estar conectadas al mismo cuadro de BT de un CT o a cuadros de diferentes CT.

Figura 1 Ejemplos esquemas red mallada

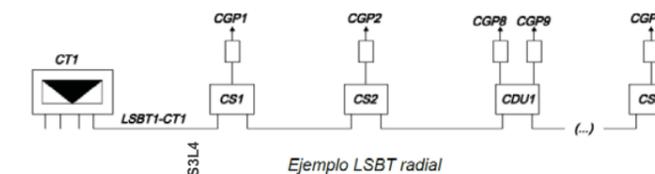


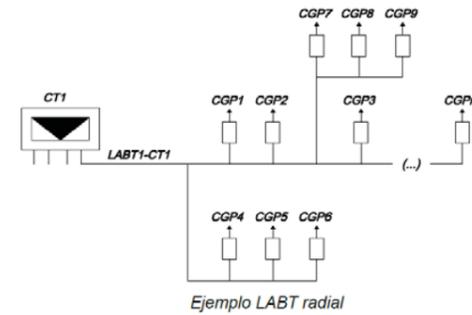
CT: Centro de transformación.
LSBT: Línea subterránea de baja tensión.
CS: Caja de seccionamiento.
CDU: Caja de distribución urbana.
CGP: Caja general de protección.

6.1.2 Red radial

La red radial está compuesta por una única línea principal con salida en el cuadro de BT de un CT y líneas secundarias o derivaciones.

Figura 2 Ejemplos esquemas red radial





CT: Centro de transformación.
LSBT: Línea subterránea de baja tensión.
LABT: Línea aérea de baja tensión.
CS: Caja de seccionamiento.
CDU: Caja de distribución urbana.
CGP: Caja general de protección.

7 CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

Los aspectos que con carácter general deberán tenerse en cuenta en el diseño de las líneas subterráneas de BT, en adelante LSBT, se indican a continuación. Además de estos parámetros, la tipología y estructura de la red seguirá lo indicado en el apartado de Generalidades de este documento.

Las LSBT se estructurarán a partir del centro de transformación donde se instalarán los dispositivos de protección o en caso de extensiones de red, a partir de LSBT, armarios y cajas de distribución existentes o de LABT.

Con carácter general los cables se instalarán bajo tubo, directamente enterrado u hormigonado. Excepcionalmente se podrán alojar los cables directamente enterrados, cuando la legislación o la Administración local así lo establezcan y también cuando la trayectoria de la canalización sea demasiado compleja y sinuosa.

Las LSBT principales serán de sección uniforme. Igualmente, las derivaciones serán de sección uniforme, aunque ésta pueda ser inferior a la del eje principal.

En líneas principales, o derivaciones susceptibles de ser malladas, se emplearán cables de 240 mm² o 150 mm² de Al para las fases y para el neutro, como mínimo, 150 mm² o 95 mm² de Al respectivamente.

En el resto de líneas y acometidas se utilizarán las secciones de 50 mm², 95 mm², 150 mm² o 240 mm² de Al.

Las extensiones de red en zonas consolidadas se ejecutarán con cables de la misma sección, o sección equivalente, que la de la red existente.

En todas las redes de baja tensión el cable de neutro estará perfectamente identificado.

Con carácter general, para la conexión de las parcelas o suministros a las LSBT se instalarán cajas o armarios de seccionamiento con entrada-salida.

Excepcionalmente, se podrá prever conexión en "T" en los siguientes casos:

o Conexión de acometidas para uno o dos suministros individuales conectados en tramos de red tales que:

- El tramo de red disponga de cajas o armarios de seccionamiento con entrada-salida al menos cada 100 metros.

- En dicho tramo la suma de las potencias de los suministros a conectar en "T" no supere 100 kW.

o Conexiones para suministros provisionales de obra.

o Con objeto de minimizar el espacio necesario en fachadas para ubicar las cajas y armarios de seccionamiento y/o protección, se permitirán conexiones en "T" en soterramientos y actuaciones en entornos histórico-artísticos, con espacios limitados en entornos urbanos consolidados, contado para ello con el acuerdo previo de e-distribución.

o Suministros singulares, de hasta 15 kW, a conectar en redes consolidadas (alumbrados públicos, casetas tipo ONCE, cargadores para vehículo eléctrico, equipos de señalización vial como radares, semáforos, etc.)

En cualquier caso, las derivaciones en "T" deberán realizarse siempre en el interior de una arqueta que estará ubicada a no más de 5 metros de la vertical de la caja general de protección.

Cuando se prevea la conexión de acometidas en "T" en polígonos de nueva urbanización en los que no se ejecute de inicio la totalidad de la red de distribución, el urbanizador, deberá dejar ejecutada la totalidad de la obra civil prevista para la conexión de dichas acometidas, incluyendo la arqueta y la canalización necesaria hasta la ubicación de la caja general de protección en el límite de la parcela, dejando el tubo de la canalización soterrado y sellado en sus extremos.

Excepto en las conexiones en "T" indicadas anteriormente, la acometida a consumidores se realizará a través de la correspondiente caja de seccionamiento o de distribución.

Con carácter general en las cajas de seccionamiento y cajas de distribución no se colocarán fusibles de protección, excepto en aquellos casos en los que se justifique su necesidad para una correcta protección de la red, conforme a los criterios definidos en el apartado 8.6. En este caso los fusibles serán de un calibre adecuado que asegure la selectividad con los dispositivos de protección del centro de transformación.

La carga máxima de transporte de las LSBT se determinará en función de la intensidad máxima admisible del cable.

Adicionalmente la capacidad de la línea también se limitará por el calibre de los dispositivos de protección utilizados para asegurar una correcta protección frente a sobrecargas y cortocircuitos.

Las acometidas serán siempre trifásicas² y su sección adecuada a la previsión de potencia del consumidor.

En el trazado de las LSBT se cumplirán las distancias reglamentarias establecidas en la ITC-BT-07, en las presentes Especificaciones Particulares, así como las que puedan establecer otros Organismos y/o empresas de servicios afectadas por el trazado que se pueda proyectar.

En el diseño de las nuevas redes se evitará o minimizará la realización de empalmes.

8 ELEMENTOS DE LA LSBT

8.1 CABLE AISLADO DE POTENCIA

Los cables aislados de potencia serán adecuados a las tensiones nominal y asignadas indicadas en la tabla 1.

Tabla 1. Tensión nominal y asignada de los cables

U _n (kV)	U ₀ /U (kV eficaces)	U _m (kV eficaces)
0,4	0,6/1,0	1,2

Siendo:

Un Valor eficaz de la tensión nominal de la red.



Y las tensiones asignadas, la combinación de los valores siguientes:

U0 Valor eficaz de la tensión entre un conductor aislado cualquiera y tierra.

U Valor eficaz de la tensión entre dos conductores aislados cualesquiera de una red de cables unipolares.

Um Valor máximo eficaz de la tensión más elevada de la red para la que el material puede ser utilizado.

Los cables a utilizar serán cables subterráneos unipolares de aluminio, con aislamiento seco termoestable (polietileno reticulado XLPE), y con cubierta poliolefina (DMO1), del tipo XZ1.

Se ajustarán a lo indicado en la norma UNE-HD 603-5X, y se tomará como referencia el documento informativo **CNL001 Cables unipolares redes subterráneas de distribución BT tensión asignada 0.6/1kV.**

Los circuitos de las LSBT se compondrán de cuatro cables unipolares, tres de fase y uno de neutro de las características que se indican en la tabla 2.

Tabla 2. Características cables subterráneos

Características	Valores
Nivel de aislamiento	0,6/1 (kV)
Naturaleza del conductor	Aluminio
Sección del conductor	50, 95, 150 o 240 mm ²

Para el neutro se utilizará, dentro de las secciones indicadas en la tabla 2, como mínimo la sección inmediatamente inferior a la de fase.

Excepcionalmente, para los tramos de acometida entre cajas o armarios de distribución y las cajas generales de protección o de protección y medida, podrán emplearse conductores de cobre, de sección equivalente a las indicadas de aluminio a lo largo de la presente especificación.

8.2 TERMINALES

La conexión de las LSBT a los cuadros de baja tensión, cajas y armarios de distribución y cajas generales de protección se realizará siempre mediante terminales de aluminio macizo estañado adecuados al tipo de conductor empleado en cada caso, atendiendo a las características de la instalación, tensión de aislamiento (0,6/1 kV), sección y naturaleza de los cables.

Si se instalan terminales de compresión el documento de referencia informativo será el **NNZ014 Terminales rectos de aleación de aluminio para conductores de aluminio y de almelecin instalación interior.** Serán de aleación de aluminio y su unión con el conductor se realizará mediante doble punzonado profundo. La huella del punzonado quedará visible desde la parte frontal de la envolvente y se aislará mediante un recubrimiento que aporte un nivel de aislamiento como mínimo igual al del cable

Si se instalan terminales preaislados con apriete mediante tornillo fusible, se considerará como referencia el documento informativo **BNL006 Accesorios de conexión aislados para instalaciones subterráneas de BT.** Estarán constituidos por una aleación de aluminio, dispondrán de los elementos necesarios para la unión al conductor mediante apriete por tornillería fusible y un aislamiento envolvente para reconstruir, de forma simultánea, el aislamiento y la cubierta exterior del cable en la zona de la caña (quedando la pala descubierta).

La conexión del terminal a la instalación fija se realizará a presión por tornillería.

8.3 EMPALMES

Los empalmes serán adecuados para el tipo de conductores y sección empleados y aptos igualmente para la tensión de servicio.

Si se instalan manguitos preaislados integrarán todos los elementos necesarios para realizar la conexión eléctrica y reconstitución del aislamiento y de la cubierta exterior del cable de forma simultánea. El apriete será por tornillería fusible y tomarán como referencia el documento informativo **BNL006 Accesorios de conexión aislados para instalaciones subterráneas de BT.**

En caso de instalarse manguitos desnudos serán de aleación de aluminio y se ajustarán a lo indicado en las normas UNE 21021 y UNE-EN 61238-1 tomando como referencia el documento informativo **NNZ036 Manguitos de aleación de aluminio para unión conductores Al-Al, Al-Cu, Al-Almelec y Almelec-Almelec.** Sobre el manguito desnudo se colocará un aislamiento envolvente para reconstruir el aislamiento y la cubierta exterior del cable de forma simultánea, para ello se instalarán manguitos contráctiles en frío3.

En aquellos casos en los que requiera el uso de otro tipo de empalmes (cables de distintas tecnologías, etc.) será necesario el acuerdo previo de e-distribución.

8.4 CONECTORES PARA DERIVACIONES EN "T"

Cuando, según los criterios indicados en el apartado Criterios generales de diseño, se requiera realizar derivaciones en "T" en LSBT se emplearán conectores adecuados al tipo de conductor, sección y a su tensión de servicio.

Se emplearán conectores preaislados que integrarán todos los elementos necesarios para realizar la conexión eléctrica y reconstitución del aislamiento y de la cubierta exterior del cable de forma simultánea. El apriete será por tornillería fusible, el contacto mediante perforación de aislamiento y tomarán como referencia el documento informativo **BNL006 Accesorios de conexión aislados para instalaciones subterráneas de BT.**

8.5 CAJAS Y ARMARIOS DE DISTRIBUCIÓN

En las LSBT se emplearán cajas o armarios para permitir la conexión de la acometida a los suministros y facilitar los trabajos de operación y mantenimiento en la red de distribución.

El diseño de estas cajas o armarios será adecuado a las tensiones nominal y asignada indicadas en la tabla 3.

Tabla 3. Tensión nominal y asignada de cajas y armarios de distribución

Un (kV)	U (kV eficaces) (*)	Uimp (kV eficaces)
0,4	0,5	8

(*) Ensayo a frecuencia industrial: 2.500 V entre partes activas
5.250 V entre partes activas y masa

Siendo:

Un Valor eficaz de la tensión nominal de la red.

U Tensión asignada del conjunto.

Uimp Tensión asignada soportada al impulso.

Todas las cajas y armarios de distribución estarán equipados con bases cerradas para fusibles tipo cuchilla, unipolares o verticales tripolares (BUC/BTVC), de tamaño acorde con el calibre de los fusibles a instalar. Los documentos de referencia informativos son **NNL017 Bases unipolares para fusibles de baja tensión del tipo cuchilla con dispositivo extintor de arco** y **NNL012 Bases tripolares verticales cerradas para fusibles de baja tensión del tipo cuchilla con dispositivo extintor de arco respectivamente.**



Con carácter general para la conexión en entrada-salida de acometidas se instalarán cajas de seccionamiento (CS). Se dispondrán cajas de modelo ancho que permitan una manipulación óptima de los cables, limitándose el uso de cajas de seccionamiento de modelo estrecho a situaciones excepcionales, con el acuerdo previo de e-distribución, donde exista una limitación de espacio, así como para acometidas especiales (monolitos alumbrado, cargadores urbanos de vehículo eléctrico, etc.).

Las características de las CS tomarán como referencia los documentos informativos **CNL003 Caja de seccionamiento para líneas subterráneas en BT** y **CNL006 Caja seccionamiento para líneas subterráneas de BT con salidas por parte inferior**.

En zonas residenciales o urbanizaciones de viviendas unifamiliares, para suministros individuales se podrán instalar Cajas de Distribución para Urbanizaciones (CDU). Este tipo de caja permite hacer entrada y hasta dos salidas de la LSBT principal, así como las acometidas a las cajas generales de protección y medida de los clientes (CPM).

Las características de las CDU tomarán como referencia el documento informativo **CNL004 Caja de distribución para urbanizaciones con tendido subterráneo en BT**.

Las CS y CDU se instalarán en el interior de hornacinas de dimensiones adecuadas, realizadas in situ con fábrica de bloque, mortero y enfoscado (pared mínima de 15 cm de grosor) o prefabricadas de hormigón reforzado con fibra (pared mínima 4,5 cm).

Con carácter general las hornacinas se colocarán empotradas en las fachadas o cerramientos de los inmuebles a alimentar. Cuando su colocación se realice con anterioridad a la construcción de estos las hornacinas se colocarán en el límite de la propiedad.

Tanto las CS como las CDU se colocarán a una altura de 45 cm desde su parte inferior hasta el suelo. En todos los casos, y con objeto de proteger el tramo de cables entre la canalización y las cajas, estas incluirán, como una parte integrante del conjunto, una canal destinada a proteger dichos cables.

Los cables de acometida se alojarán en el interior de tubos aislantes (rígidos, curvables o flexibles que cumplan con los requisitos de las normas UNE-EN 61386-21, 61386-22 o 61386-23) o en el interior de canales aislantes acordes a la norma UNE-EN 50085.

Los tubos de conexión con la canalización subterránea quedarán empotrados en la vertical de la entrada de cables de las cajas y tras la conexión de la LSBT se colocará la correspondiente canal protectora.

Las hornacinas se cerrarán con una puerta preferentemente metálica de acero galvanizado en caliente, con bisagras resistentes a la corrosión, con grado de protección IK10 según UNE-EN 50102, revestida exteriormente de acuerdo con las características del entorno y protegida contra la corrosión, disponiendo de una cerradura metálica de llave triangular de 11 mm de lado o con dispositivos que permitan su bloqueo mediante candado con llave maestra. La dimensión de la puerta será la adecuada para poder acceder correctamente a las envolventes colocadas en el interior y realizar trabajos en las misma. Su parte inferior se encontrará a un mínimo de 0,3 m del suelo, y cuando la anchura de la puerta sea superior a 1 m, obligatoriamente tendrá que ser de doble hoja, sin que tenga bastidores internos.

Además, cuando por necesidades de explotación de la red se requiera, principalmente en soterramientos de instalaciones existentes, se podrán instalar Armarios de Distribución Urbana (ADU). Se emplearán para efectuar derivaciones importantes de la red principal de BT, constituyendo puntos de reparto con seccionamiento y/o protección. Su montaje será intemperie sobre zócalo de hormigón y estarán adosadas a las fachadas de las fincas o en línea con los alcorques, según anchura de acera y normas municipales.

Las características de los ADU tomarán como referencia el documento informativo **CNL005 Armario de distribución intemperie para líneas subterráneas de BT**.

En los planos correspondientes se detallan los detalles constructivos de estas instalaciones.

8.6 CAJAS GENERALES DE PROTECCIÓN Y CAJAS DE PROTECCIÓN Y MEDIDA

Las cajas generales de protección y las cajas de protección y medida serán trifásicas (3F+N) excepto cuando se alimenten desde cajas de seccionamiento o cajas de distribución urbana, donde podrán ser también monofásicas.

En cualquier caso, atenderán a lo indicado en el documento NRZ103 Instalaciones de enlace conectadas a la red de distribución. Consumidores en BT.

8.7 ACOMETIDAS

Excepto en las conexiones en "T" indicadas en el apartado Criterios generales de diseño cuya conexión será desde la correspondiente arqueta, las acometidas desde las LSBT se ejecutarán desde la correspondiente caja de seccionamiento (CS) o caja de distribución urbana (CDU).

La conexión de los cables de la acometida a la CGP se realizará siempre con los correspondientes terminales.

La sección recomendada de los cables de la acometida seguirá lo indicado en la tabla 4:

Tabla 4. Sección recomendada acometidas

Sección conductor fase Al (mm ²)	Red III – 400V Potencia máxima demandada (kW)	Red III – 230V Potencia máxima demandada (kW)
50	P≤50kW	P≤20kW
95	50kW< P≤75kW	20kW< P≤30kW
150	75kW< P≤100kW	30kW< P≤50kW
240	100kW< P≤180kW	50kW< P≤100kW

Cualquier otra sección deberá ser justificada por el proyectista/instalador. En caso de discrepancia resolverá el órgano competente de la Administración.

9 CANALIZACIÓN SUBTERRÁNEA

Las canalizaciones, salvo casos de fuerza mayor, se ejecutarán por terrenos de dominio público, bajo las aceras o calzadas, preferentemente bajo las aceras evitándose los ángulos pronunciados. El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales.

Solamente en casos excepcionales se realizará la instalación en zonas de propiedad privada y será con servidumbre garantizada. Esto implica que, además de las condiciones de carácter general, se gestionarán y obtendrán, en cada caso, las condiciones especiales, técnicas y jurídicas, que garanticen las condiciones reglamentarias de legalización y el acceso permanente a las instalaciones para su explotación y mantenimiento, así como para atender el suministro de futuros clientes.

Al marcar el trazado de las zanjas, se tendrán en cuenta los radios de curvatura mínimos.

En la etapa de proyecto se deberá consultar con las empresas de servicio público y con otros posibles propietarios de servicios para conocer la posición de sus instalaciones en la zona afectada. Una vez conocida, antes de proceder a la apertura de las zanjas, se abrirán catas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto en el proyecto.

Con carácter general las LSBT se dispondrán en canalización entubada, bajo tubo de diámetro exterior mínimo de 160 mm, libres de halógenos, su interior será liso y poseerán una resistencia adecuada a las solicitudes a las que se han de someter durante su instalación. Se emplearán barras de tubo ("rígidas") de hasta 6 metros de longitud para los tramos de canalización general (rectilíneos) y rollos de tubo ("flexible") para la acometida a las cajas y armarios de seccionamiento y a las conversiones aéreo subterráneas. Se tomarán como referencia



la norma UNE-EN 61386-24 y el documento informativo CNL002 Tubos polietileno (Libres de halógenos) para canalizaciones subterráneas.

Se deberá prever siempre, al menos, un tubo de reserva en cada zanja. Este tubo quedará a disposición de las necesidades de distribución.

Con el objeto de unificar criterios en las profundidades de las zanjas entre el Reglamento electrotécnico de baja tensión y Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias, se establece un criterio único de profundidad hasta la parte superior de los cables (directamente enterrados) o de los tubos más próximos a la superficie, que no será menor de 0,6 m en acera o tierra, ni de 0,8 m en calzada medidos desde la parte superior del pavimento.

Cuando existan impedimentos debidamente justificados que no permitan alcanzar las anteriores profundidades, y con el acuerdo previo de e-distribución, éstas podrán reducirse si se añaden protecciones mecánicas suficientes tal y como se especifica en la ITC-BT-07. En estos casos se considera adecuada la instalación de una plancha de acero de al menos 3 mm de espesor. En cualquier caso, esta particularidad deberá reflejarse en la documentación de legalización de la instalación.

Deberán disponerse los puntos de acceso suficientes que faciliten la realización de los trabajos de tendido y mantenimiento de la LSBT.

Las canalizaciones podrán llevar tubos de control para cables de comunicaciones ubicados encima de los tubos de cables eléctricos, con el fin de facilitar el acceso de operadores de comunicaciones a la red de distribución en cumplimiento de lo exigido en el RD 330/2016. Dichos tubos tendrán continuidad en todo su recorrido, al objeto de facilitar el tendido de los cables de comunicaciones, inclusive en las arquetas y calas de tiro si las hubiera. Las derivaciones de cable de comunicaciones se realizarán en arquetas independientes a las de la red eléctrica. Estos tubos de control se instalarán en aquellas canalizaciones con origen en un centro de transformación, o con origen en otro punto de la red en donde ya existan tubos de control con objeto de dar continuidad a los mismos.

Donde de prevea la conexión de la canalización con cajas y armarios de distribución los tubos quedarán perfectamente alineados verticalmente a su parte inferior.

En el correspondiente plano se detallan las distintas secciones de zanjas y la disposición de todos sus elementos.

En caso de ser necesaria la instalación en una misma canalización de líneas de BT y líneas de MT, se emplearán las secciones de zanja bajo tubo para 3 o 4 circuitos, con la particularidad que los tubos situados en la parte más baja de la canalización (previstos para la LSMT) serán de diámetro exterior mínimo de 200 mm. (salvo en suelo rural que podrán ser de 160 mm.) y la anchura de la zanja será 500 y 700 mm respectivamente. En la capa de tubos inferior se colocarán los cables de MT y en la capa de tubos superior los cables de BT.

En los cruces de calzada y acceso a garajes los cables se instalarán en canalizaciones entubadas hormigonadas. En aquellos tramos que excepcionalmente se realicen bajo cualquier suelo con tráfico rodado, o en los que haya previsión de circulación o trabajo de vehículos agrícolas en suelo rural, se instalarán igualmente en canalización entubada hormigonada.

Adicionalmente, para garantizar la estabilidad de la instalación, no se instalará la red en pendientes pronunciadas superiores a 20 grados (36%). Igualmente, se evitarán canalizaciones por el interior de zonas forestales y boscosas.

9.1 PUNTOS DE ACCESO

Se dispondrán puntos de acceso a lo largo de la canalización con objeto de:

- Ayudar al tendido y a las posibles reparaciones o sustituciones del cable subterráneo en tramos largos.

- Facilitar la ejecución de los empalmes de red, y su reparación en caso de avería.
- Permitir el tendido del cable en caso de grandes cambios de dirección.

El número de puntos de acceso a instalar en la canalización será limitado y estará justificado en el diseño, pudiendo ser calas de tendido o arquetas ocultas. Excepcionalmente, y con el acuerdo previo de e-distribución, se podrán colocar arquetas vistas con tapas practicables.

Los aspectos principales a tener en cuenta en el diseño son los siguientes:

- En tramos rectos el número de puntos de acceso se dispondrá en función de la máxima tensión de tiro indicada por el fabricante del cable, sin perjuicio de lo indicado en la ITC- BT 07.
- En los cambios de dirección se tendrá en cuenta el radio de curvatura mínimo de los cables por lo que no se admitirá que el ángulo que forme el cable en el cambio de dirección sea inferior a 90°.

A la entrada y salida de los puntos de acceso, los tubos en uso y los de reserva deben quedar sellados.

En ningún caso se dejarán en los puntos de acceso lazos de cables sin que cumplan con el radio de curvatura mínimo de los cables.

9.1.1 Emplazamiento de empalmes

Los empalmes se realizarán en tramos rectos, nunca en cambios de dirección ni en lazos.

El tipo de punto de acceso donde se realice el empalme dependerá de la zona por donde discorra la canalización según se indica en el apartado Puntos de acceso. Los empalmes podrán ubicarse en calas, arquetas ocultas o zanjas.

Las dimensiones mínimas de los puntos de acceso donde se ubiquen los empalmes serán aquellas que faciliten su ejecución y que se indican a continuación:

- Calas: el largo de la cala deberá tener una dimensión mínima de 1 metro.
- Arquetas: la dimensión longitudinal mínima de la arqueta necesaria para la ejecución de empalmes deberá ser, como mínimo, de 1 metro. En caso de resultar insuficiente se optará por la solución en cala.
- Zanjas abiertas: esta solución sólo se aplicará en los casos en que por problemas de disponibilidad de espacio no sea posible ejecutar una cala ni instalar una arqueta. En este caso los empalmes se alojarán en la propia zanja de la canalización.

Los empalmes se ejecutarán en un mismo plano y en todos los casos dicho plano debe coincidir con el de acceso a los tubos de la canalización para lo cual se dispondrá del relleno necesario para cumplir con esta condición.

9.1.2 Arquetas

Si se instalan arquetas, en caso de ser prefabricadas, tomarán como referencia el documento informativo NNH001 Arquetas Prefabricadas para Canalizaciones Subterráneas. El montaje de las arquetas de material plástico se realizará tomando como referencia el documento informativo NMH001 Guía de Montaje e Instalación de Arquetas Prefabricadas de Poliéster, Polietileno o Polipropileno para Canalizaciones Subterráneas.

Se podrán construir también de ladrillo, sin fondo para favorecer la filtración de agua, siendo sus dimensiones las indicadas en los planos.

Los marcos y las tapas de las arquetas serán preferentemente de fundición cuyo documento de referencia informativo es NNH002 Marcos y tapas de fundición para canalizaciones subterráneas.

En las arquetas, los tubos quedarán como mínimo a 25 cm por encima del fondo para permitir la colocación de rodillos en las operaciones de tendido. Se sellarán con material expansible e ignífugo, o solución equivalente



(tanto los tubos de reserva como los tubos con cables), de forma que el cable quede situado en la parte superior del tubo. La ubicación de los orificios de entrada a las arquetas será tal que permita un radio de curvatura superior al mínimo exigido para los cables.

Las arquetas se construirán de forma que sean inaccesibles con objeto de reducir el vandalismo y la accidentabilidad, para ello la tapa de la arqueta se ubicará bajo el nivel del suelo quedando cubierta con el mismo acabado superficial del pavimento anexo. En el plano correspondiente se detallan las características constructivas.

Para garantizar la localización de la arqueta se colocará sobre el pavimento un clavo normalizado de identificación que deberá reflejarse también en el correspondiente plano as-built.

10 CRUZAMIENTOS, PROXIMIDADES Y PARALELISMOS

Los cables subterráneos deberán cumplir los requisitos señalados en el apartado 2.2 de la ITC- BT-07, los indicados en las presentes Especificaciones Particulares y las condiciones que pudieran imponer otros órganos competentes de la Administración o empresas de servicios, cuando sus instalaciones fueran afectadas por tendidos de cables subterráneos de BT.

Cuando no se puedan respetar aquellas distancias, deberán añadirse las protecciones mecánicas especificadas en el propio reglamento.

En la tabla 5 se resumen las distancias entre servicios subterráneos para cruces, paralelismos y proximidades.

Tabla 5. Resumen de distancias entre servicios subterráneos para cruces, paralelismos y proximidades es la del reglamento

Instalaciones u obstáculos	Cruzamientos	Paralelismos	Condiciones
Calles y carreteras	La profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie será: ≥ 0,80 m El cruce será perpendicular al vial, siempre que sea posible		Los cables se colocaran en canalizaciones entubadas hormigonadas en toda su longitud.
Ferrocarriles	La profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie, respecto a la cara inferior de la traviesa, será: ≥ 1,30 m El cruce será perpendicular a la vía, siempre que sea posible. La canalización rebasará la vía férrea en 1,5 m por cada extremo.		Los cables se colocaran en canalizaciones entubadas hormigonadas en toda su longitud
Otros cables de energía eléctrica	Distancia entre cables: ≥ 0,25 m AT ≥ 0,10 m BT La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 m.	Distancia entre cables de diferentes empresas: ≥ 0,25 m AT ≥ 0,10 m BT Si los cables son de la misma compañía pueden reducirse	Cuando no pueda respetarse alguna de estas distancias, el cable que se tienda en último lugar se dispondrá separado mediante tubos, conductos

Instalaciones u obstáculos	Cruzamientos	Paralelismos	Condiciones
			o divisorias constituidos por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica.
Cables de telecomunicación	Distancia entre cables: ≥ 0,20 m La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 m.	Distancia entre cables: ≥ 0,20 m	Cuando no pueda respetarse alguna de estas distancias, el cable que se tienda en último lugar se dispondrá separado mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica.
Canalizaciones de agua	Distancia entre cables y canalización: ≥ 0,20 m Se evitara el cruce por la vertical de las juntas de la canalización de agua. La distancia del punto de cruce a los empalmes o a las juntas será superior a 1 m.	Distancia entre cables y canalización: ≥ 0,20 m En arterias importantes esta distancia será de 1 m como mínimo. Se procurará mantener dicha distancia en proyección horizontal y que la canalización del agua quede por debajo del nivel del cable. La distancia mínima entre empalmes y juntas será de 1 m.	Cuando no pueda respetarse alguna de estas distancias, el cable que se tienda en último lugar se dispondrá separado mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica.
Canalizaciones y acometidas de gas	Distancia entre cables y canalización: ≥ 0,20 m Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de la canalización de gas. La distancia del punto de cruce a los empalmes o a las juntas será superior a 1 m.	Distancia entre cables y canalización: Sin protección suplementaria AP ≥ 0,40 m MP y BP ≥ 0,20 m En arterias importantes esta distancia será de 1 m como mínimo. Se procurará mantener dicha distancia en proyección horizontal y que la canalización del agua quede por debajo del nivel del cable. La distancia mínima entre empalmes y juntas será de 1 m. AP: Alta presión, > 4 bar.	Cuando no pueda respetarse alguna de estas distancias, el cable que se tienda en último lugar se dispondrá separado mediante tubos de adecuada resistencia mecánica.



Instalaciones u obstáculos	Cruzamientos	Paralelismos	Condiciones
		MP y BP: Media y baja presión, ≤ 4 bar.	
Canalizaciones y acometida interior de gas	Distancia entre cables y canalización: Sin protección suplementaria $\geq 0,40$ m MP y BP $\geq 0,20$ m Con protección suplementaria $\geq 0,25$ m En caso de canalización entubada, se considerará como protección suplementaria el propio tubo. AP $\geq 0,25$ m MP y BP $\geq 0,10$ m AP, Alta presión, > 4 bar. MP y BP, Media y baja presión, ≤ 4 bar	Distancia entre cables y canalización: Sin protección suplementaria AP $\geq 0,40$ m MP y BP $\geq 0,25$ m Con protección suplementaria AP $\geq 0,25$ m MP y BP $\geq 0,10$ m La distancia mínima entre empalmes y juntas será de 1 m. AP, Alta presión, > 4 bar. MP y BP, Media y baja presión, ≤ 4 bar.	
Conducciones de alcantarillado	Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado. No se admitirá incidir en su interior y se podrá incidir en su pared siempre que se asegure que ésta no quede debilitada.		Cuando no sea posible, el cable se pasará por debajo y se dispondrán separados mediante tubos de adecuada resistencia mecánica
Depósitos de carburante	La distancia de los tubos al depósito será: $\geq 0,20$ m La canalización rebasará al depósito en 1,5m por cada extremo.		Los cables de BT se dispondrán dentro de tubos o conductos de adecuada resistencia mecánica.
Acometidas o Conexiones de servicio a un edificio	Distancia entre servicios: MT $\geq 0,30$ m Otros servicios: $\geq 0,20$ m		Cuando no pueda respetarse esta distancia, la conducción que se establezca en último lugar se dispondrá separada mediante tubos de adecuada resistencia mecánica. La entrada de las conexiones de servicio a los edificios deberá taponarse hasta conseguir una estanqueidad perfecta.

11 CONVERSIONES DE LÍNEA SUBTERRÁNEA A AÉREA

No procede en el presente proyecto.

12 PROTECCIÓN

Las LSBT se protegerán mediante dispositivos de protección adecuados (fusibles tipo "gG" de alto poder de ruptura o interruptores automáticos) ubicados en el cuadro de baja tensión del centro de transformación o en cajas y armarios de distribución, con objeto de garantizar la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de la línea.

En caso de que la sección de la línea varíe, se dotará la correspondiente protección intermedia, o bien se dispondrá el calibre de la protección en origen acorde a la menor sección de todo el recorrido.

Si se instalan fusibles se tomará como referencia el documento informativo **NNL011 Fusibles de baja tensión. Bases y fusibles de cuchillas.**

13 PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO

El cable neutro, además de la puesta a tierra del centro de transformación (tierra de servicio del CT), se colocará a tierra a lo largo de la LSBT en las cajas de seccionamiento o armarios de distribución al menos cada 200 metros y en todos los finales de línea. En el caso de existir tramos de 200 metros sin cajas de seccionamiento, se colocará el neutro a tierra en la primera caja disponible y al final de línea.

La conexión a tierra de estos puntos de la red se realizará mediante picas de 2 m de acero-cobre, conectadas con cable de cobre o aluminio con una sección mínima de 50 y 95 mm² respectivamente. Las picas cumplirán la norma UNE 21056 y se tomará como referencia el documento informativo NNZ035 Picas cilíndricas para puesta a tierra.

La unión entre las picas y el cable de tierra podrá realizarse mediante piezas adecuadas de compresión mecánica acordes a la norma UNE-21021 o mediante soldadura aluminotérmica.



CAPÍTULO 9 .- CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA RED DE BAJA TENSIÓN

1 INTRODUCCIÓN

A continuación, se detallan los cálculos necesarios para justificar el dimensionamiento de las LSBT de acuerdo a las prescripciones indicadas en la ITC-BT-07 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

En este apartado se detalla y justifica el cálculo de los siguientes parámetros:

- Intensidades máximas admisibles para el cable.
 - o En servicio permanente.
 - o En cortocircuito durante un tiempo determinado.
- Pérdidas de potencia.
- Caída de tensión de la línea

2 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL CONDUCTOR

Para la realización de los cálculos justificativos se tendrán en cuenta las características del conductor que se detallan en el documento de referencia informativo CNL001 Cables unipolares redes subterráneas de distribución BT tensión asignada 0.6/1kV.

Resistencia del conductor

La resistencia del conductor varía con la temperatura de funcionamiento de la línea. Se adopta como temperatura máxima del conductor en régimen permanente 90 °C. El incremento de resistencia en función de la temperatura viene determinado por la expresión:

$$R = R_{20^{\circ}\text{C}} \cdot (1 + \alpha \cdot (\theta - 20^{\circ}\text{C}))$$

Siendo,

α Coeficiente de temperatura del aluminio, 0,00403 °C⁻¹

θ Temperatura máxima del conductor, se adopta el valor correspondiente a 90°C

$R_{20^{\circ}\text{C}}$ Resistencia del conductor a 20°C

Los valores de resistencia para los valores indicados a la temperatura estándar (20 °C) y máxima (90 °C) son:

Tabla 1. Resistencia de los conductores

Conductor	Sección nominal (mm ²)	Resistencia máxima a 20 °C (Ω/km)	Resistencia máxima a 90 °C (Ω/km)
XZ1	50 Al	0,641	0,822
	95 Al	0,320	0,410
	150 Al	0,206	0,264
	240 Al	0,125	0,160

Reactancia del cable

La reactancia depende de la geometría y diseño del conductor. El valor de la reactancia de los cables, dispuestos en triángulo dentro de un mismo tubo, se detalla en la tabla adjunta:

Tabla 2. Reactancia de los conductores

Aislamiento cable	Sección nominal (mm ²)	Reactancia cable (Ω/km)
XZ1	50 Al	0,095
	95 Al	0,089
	150 Al	0,087
	240 Al	0,085

3 INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES PARA EL CABLE

3.1 INTENSIDAD MÁXIMA PARA EL CABLE EN SERVICIO PERMANENTE

Para cada instalación, dependiendo de sus características, configuración, condiciones de funcionamiento, tipo de aislamiento, etc., se justificará y calculará la intensidad máxima admisible del conductor, con el fin de no superar la temperatura máxima asignada del mismo.

Según la ITC-BT-07, el aumento de temperatura provocado por la circulación de la intensidad no debe dar lugar a una temperatura en el conductor superior a la prescrita en la Tabla 3.

Tabla 3. Temperaturas máximas admisibles aislamiento conductores

Tipo de aislamiento seco	Servicio permanente θs	Cortocircuito θcc (t ≤ 5s)
Polietileno reticulado XLPE	90 °C	250 °C

Los valores de intensidad máxima admisible según la norma UNE 211435 para las condiciones estándar que se describen a continuación son los indicados en la tabla 4.

- Temperatura máxima en el conductor: 90 °C
- LSBT en servicio permanente
- 4 cables unipolares dentro de un tubo
- Profundidad de instalación: 0,70 m
- Resistividad térmica del terreno: 1 K·m/W
- Temperatura ambiente del terreno a la profundidad indicada: 25 °C.

Tabla 4. Intensidades máximas admisibles en conductores XLPE, Al, bajo tubo.

Sección nominal de los conductores mm ²	Intensidad máxima admisible, I, en A (Cables en triángulo en contacto)
50	125
95	191
150	253
240	336/312 (*) (*) Si la protección se realiza con fusible gG de 250A



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 a considerar para la corrección del valor de la intensidad admisible son las siguientes:

- Temperatura del terreno.
- Agrupación de los circuitos.
- Resistividad térmica del terreno.
- Profundidad de la instalación.

Tras la aplicación de los diferentes factores correctores, debe cumplirse que el aumento de temperatura provocado por la circulación de la intensidad calculada no dé lugar a una temperatura, en el conductor, superior a la prescrita en la tabla 3.

Factor relativo a cables enterrados bajo tubo en terrenos cuya temperatura sea distinta de 25°C (Fct) según norma UNE 211435

En la tabla 5 se indican los factores de corrección F, de la Intensidad admisible para temperaturas del terreno distintas de 25°C, en función de la temperatura máxima asignada al conductor.

Tabla 5. Factor de corrección, Fct, para temperatura del terreno distinta a 25 oC

Temperatura °C, en servicio permanente, θs	Temperatura del terreno, en °C, θt								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90	1,11	1,07	1,04	1	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78

El factor de corrección para otras temperaturas del terreno distintas de las tablas será:

$$F_{ct} = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_t}{\theta_s - 25}}$$

Factor relativo a agrupación de circuitos (Fca) según norma UNE 211435:

En el caso de que la LSMT se componga de una agrupación de tubos, la intensidad admisible dependerá del tipo de agrupación empleado y variará para cada cable o terna según esté colocado en un tubo central o periférico. Cada caso deberá estudiarse individualmente por el proyectista. Además se tendrán en cuenta los coeficientes aplicables en función de la temperatura y resistividad térmica del terreno y profundidad de la instalación.

Para ternas de cable enterradas en una zanja en el interior de tubos, se aplicarán los coeficientes indicados en la Tabla 6.

Tabla 6. Coeficiente corrector por agrupación de cables

Coeficiente corrector por agrupación de cables			
Circuitos agrupados	Distancias entre tubos en mm		
	Contacto	200	400
2	0,87	0,90	0,94
3	0,77	0,82	0,87

Coeficiente corrector por agrupación de cables			
Circuitos agrupados	Distancias entre tubos en mm		
	Contacto	200	400
4	0,71	0,77	0,84
5	0,67	0,74	0,81
6	0,64	0,71	0,79

Dada la cantidad de circuitos a disponer en las canalizaciones, a la salida del transformador, existirán canalizaciones con mayor número de circuitos de los que aquí se representan, por lo que se procede a transcribir la tabla proporcionada en la norma UNE 211435, en la que se determina el coeficiente corrector para agrupación de circuitos mayores.

Circuitos en tubulares soterradas (un circuito trifásico, con neutro, por tubo) Tubos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Distancias entre tubos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,87	0,90	0,94	0,96	0,97
3	0,77	0,82	0,87	0,90	0,93
4	0,71	0,77	0,84	0,88	0,91
5	0,67	0,74	0,81	0,86	0,89
6	0,64	0,71	0,79	0,85	0,88
7	0,61	0,69	0,78	0,84	–
8	0,59	0,67	0,77	0,83	–
9	0,57	0,66	0,76	0,82	–
10	0,56	0,65	0,75	–	–

Tal y como podemos ver en la tabla, para agrupación de 8 circuitos, que es el caso más desfavorable, el coeficiente a disponer será variable en función del número de circuitos que comparta el prisma, siendo el caso más desfavorable el de 8.

Factor relativo a Resistividad Térmica del terreno (Fct) según norma UNE 211435 :

Cables instalados en tubos, un circuito por tubo, enterrados en terrenos de resistividad térmica distinta de 1,5 K·m/W.

Tabla 7. Coeficiente corrector para resistividad térmica del terreno distinta a 1,5 K·m/W.

Sección del conductor	Resistividad del terreno (K·m/W)						
	0.8	0.9	1	1.5	2	2.5	3
50	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,83
95	1,14	1,12	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
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

La resistividad térmica del terreno en función de su naturaleza y humedad viene dada en la tabla 8.



Tabla 8. Resistividad térmica del terreno

Resistividad térmica del terreno (K m/W)	Naturaleza del terreno y grado de humedad
0,40	Inundado
0,50	Muy húmedo
0,70	Húmedo
0,85	Poco húmedo
1,00	Seco
1,20	Arcilloso muy seco
1,50	Arenoso muy seco
2,00	De piedra arenisca
2,50	De piedra caliza
3,00	De piedra granítica

Factor relativo a la profundidad de la instalación (Fcp) según norma UNE 211435:

Cables instalados en tubos a distintas profundidades

Tabla 9. Coeficiente corrector para distintas profundidades de soterramiento

Profundidad (m)	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,25
Factor de corrección	1,03	1,01	1,00	0,99	0,97	0,96

En base a los factores expuestos, la intensidad admisible permanente del conductor se calculará por la siguiente expresión:

$$I_{adm} = I \cdot F_{ct} \cdot F_{crt} \cdot F_{ca} \cdot F_{cp}$$

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_{crt} 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.

Para nuestro caso tendremos:

Sección del cable	50,150 o 240 mm ²
Instalación	Enterrado bajo tubo
Temperatura máxima del terreno	F _{ct} = 1
1 Circuito por tubo, factor en función del nº circuitos	F _{ca} = 1
Tipo de terreno: seco (1 K·m/W)	F _{crt} = 1
Profundidad del cable 0,70	F _{cp} = 1

En las tablas de cálculo, la intensidad se establece como la indicada para cada cable, siempre y cuando la instalación contemple las siguientes particularidades, según se ha establecido previamente:

$$T^a \text{ terreno} = 20^{\circ}\text{C}$$

$$T^a \text{ Servicio} = 90^{\circ}\text{C}$$

Resistividad del terreno = 1 K · m / W, terreno seco.

Profundidad de la instalación 0,70 m

1 circuito por tubo, máximo prismas de 8 circuitos en servicio.

Se dispondrán líneas de distribución que cerrarán en anillo, según se determina en los esquemas unifilares.

3.2 INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE PARA EL CABLE EN CORTOCIRCUITO

La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable, como consecuencia de un cortocircuito o sobreintensidad de corta duración, 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.

A estos efectos, se considera el proceso adiabático, es decir que el calor desprendido durante el proceso es absorbido por los conductores.

Se tiene que cumplir que el valor de la integral de Joule durante el cortocircuito tiene que ser menor al valor máximo de la integral de Joule admisible en el conductor.

$$I_{cc3}^2 \cdot t_{cc} \leq I_{cc3Adm}^2 \cdot t_{cc} = (K \cdot S)^2$$

Con esta fórmula se calcula la Intensidad de cortocircuito trifásico admisible del conductor.

$$I_{cc3Adm}^2 = K \cdot \frac{S}{\sqrt{t_{cc}}}$$

Donde,

- I_{cc3Adm} Intensidad de cortocircuito trifásico calculada con hipótesis adiabática en el conductor, en amperios.
- S Sección del conductor, en mm².
- K Coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y del tipo de aislamiento. Representa la densidad de corriente admisible para un cortocircuito de 1 segundo y para el caso del conductor de Al con aislamiento XLPE. K=94 A/mm² suponiendo temperatura inicial antes del cortocircuito de 90 °C y máxima durante el cortocircuito de 250 °C.

t_{cc} Duración del cortocircuito, en segundos.

En ningún caso se superarán las densidades de corriente de cortocircuito indicadas en la tabla 16 de la ITC-BT-07, para ello los valores de cortocircuito máximo admisibles de los conductores especificados en la presente especificación se detallan en la tabla 15:



Tabla 10. Corrientes de cortocircuito admisibles en los conductores de secciones normalizadas, en

kA, I_{cc3Adm}^2

Sección del conductor mm ²	Duración del cortocircuito (s)									
	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
50	14,9	10,5	8,6	6,6	4,7	3,8	3,3	3,0	2,7	2,1
95	28,2	20,0	16,3	12,6	8,9	7,3	6,3	5,6	5,2	4,0
150	44,6	31,5	25,7	19,9	14,1	11,5	10,0	8,9	8,1	6,3
240	71,3	50,4	41,2	31,9	22,6	18,4	16,0	14,3	13,0	10,1

Con carácter general el valor de la intensidad de cortocircuito para el cálculo de las LSBT será 20 kA. En puntos alejados del centro de transformación que alimenta las LSBT esta intensidad disminuye y el proyectista podrá justificar intensidades inferiores.

En cualquier caso, los dispositivos de protección colocados en las LSBT aseguran que, en el tiempo actuación de la protección, la intensidad de cortocircuito del cable es inferior a los valores máximos indicados en la tabla 15. Intensidad máxima admisible para la pantalla en cortocircuito

4 PÉRDIDAS DE POTENCIA

Las pérdidas de potencia de una línea vendrán dadas por la siguiente expresión:

En valor absoluto:

$$P_p = \frac{P^2 \cdot L \cdot R_{90}}{U^2 \cdot \cos^2 \varphi}$$

En valor porcentual:

$$P_p(\%) = \frac{P \cdot L \cdot R_{90}}{10 \cdot U^2 \cdot \cos^2 \varphi}$$

Donde,

P Potencia a transportar, en kW.

L Longitud de la línea den km

U Tensión de la línea en Kv

R_{90} Resistencia del conductor a 90 °C en Ω/km

$\cos \varphi$ factor de potencia de la instalación

Calculando la P a transportar con la expresión,

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Siendo,

P Potencia a transportar por el cable, en kW.

U Tensión de la línea en Kv

I Intensidad de la línea en A

$\cos \varphi$ factor de potencia de la instalación

5 CAÍDA DE TENSIÓN

La caída de tensión se calculará en el punto final del tramo (L) proyectado mediante la siguiente expresión:

En valor absoluto:

$$U_c = \frac{P \cdot L}{U} \cdot (R_{90} + X \cdot \tan \varphi)$$

En valor porcentual:

$$U_c(\%) = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R_{90} + X \cdot \tan \varphi)$$

Donde

P Potencia a transportar en KW

L Longitud de la línea den km

U Tensión de la línea en Kv

R_{90} Resistencia del conductor a 90 °C en Ω/km

X Reactancia de la línea en Ω/km

$\tan \varphi$ Tangente del ángulo definido por el factor de potencia

6 PROTECCIONES

Como ya se ha indicado anteriormente las LSBT se protegerán contra sobrecargas y cortocircuitos mediante fusibles tipo "gG" de alto poder de ruptura, o interruptores automáticos, a disponer en el cuadro de baja tensión del centro de transformación (o en cajas de seccionamiento y protección intermedias).

Con carácter general para una salida de BT determinada el calibre del elemento de protección vendrá determinado por:

- La intensidad nominal del cable
- La respuesta térmica del cable
- Potencia del transformador

En caso de protección con fusibles, en la tabla 11 se indica el calibre máximo de los fusibles a instalar para una protección adecuada de la LSBT.

Tabla 16. Calibre fusibles protección tipo gG

Sección del conductor (mm ²)	Calibre fusible ⁴ (A)
	If = 1,6 In If < 1,45 Iz
50	100
95	160
150	200
240	250

I_f: Intensidad de fusión del fusible
I_n: Intensidad asignada del fusible (calibre)
I_z: Intensidad máxima admisible del cable



6.1 LONGITUD MÁXIMA DEL CABLE PROTEGIDA POR FUSIBLES

Para una adecuada protección del cable frente a eventuales cortocircuitos, se tendrá en cuenta la máxima longitud del cable que el fusible seleccionado puede proteger de acuerdo a la tabla 12.

Las longitudes indicadas en dicha tabla se han calculado para asegurar la protección frente cortocircuitos, en un tiempo no superior a 5 segundos, de las LSBT que parten del cuadro de BT del CT

Los cálculos se han realizado para un calentamiento adiabático de los cables, teniendo en cuenta su impedancia de fase y neutro a la temperatura máxima posible durante el cortocircuito, la resistencia y la reactancia de cortocircuito del transformador, un factor de tensión de 0.95 según la norma UNE 60909-0 y despreciando la impedancia de cortocircuito de la red aguas arriba del transformador de distribución del CT. Para el cálculo de la temperatura final del cable se ha considerado una temperatura previa al cortocircuito de 90° para la fase y 70° para el neutro.

Tabla 12. Longitud máxima protegida (metros)

Potencia Trafo (kVA)	Cable subterráneo, tipo XZ1 (S) unipolar, de Al (f/n)							
	50/50		95/50		150/95		240/150	
	Calibre fusible (A)	L.máx. (m)	Calibre fusible (A)	L.máx. (m)	Calibre fusible (A)	L.máx. (m)	Calibre fusible (A)	L.máx. (m)
50	80 ⁽¹⁾	248	80 ⁽¹⁾	319	80 ⁽¹⁾	577	80 ⁽¹⁾	865
	80 ⁽²⁾	285	80 ⁽²⁾	368	80 ⁽²⁾	671	80 ⁽²⁾	1.017
100	100 ⁽¹⁾	201	100 ⁽²⁾	259	100 ⁽²⁾	471	100 ⁽²⁾	711
	125 ⁽³⁾	155	125 ⁽²⁾	203	125 ⁽²⁾	367	125 ⁽²⁾	551
	160 ⁽³⁾	105	160 ⁽¹⁾	143	160 ⁽¹⁾	256	160 ⁽¹⁾	381
160	80 ⁽²⁾	297	80 ⁽²⁾	383	80 ⁽²⁾	702	80 ⁽²⁾	1.069
	100 ⁽¹⁾	213	100 ⁽²⁾	275	100 ⁽²⁾	503	100 ⁽²⁾	764
	125 ⁽³⁾	167	125 ⁽²⁾	219	125 ⁽²⁾	400	125 ⁽²⁾	605
	160 ⁽³⁾	117	160 ⁽¹⁾	160	160 ⁽²⁾	290	160 ⁽²⁾	436
	200 ⁽³⁾	80	200 ⁽³⁾	110	200 ⁽¹⁾	209	200 ⁽²⁾	312
	250 ⁽³⁾	51	250 ⁽³⁾	72	250 ⁽³⁾	146	250 ⁽¹⁾	216
250	315 ⁽³⁾	29	315 ⁽³⁾	42	315 ⁽³⁾	90	315 ⁽³⁾	138
	80 ⁽²⁾	302	80 ⁽²⁾	391	80 ⁽²⁾	719	80 ⁽²⁾	1.097
	100 ⁽¹⁾	219	100 ⁽²⁾	283	100 ⁽²⁾	520	100 ⁽²⁾	792
	125 ⁽³⁾	173	125 ⁽²⁾	228	125 ⁽²⁾	417	125 ⁽²⁾	634
	160 ⁽³⁾	123	160 ⁽¹⁾	168	160 ⁽²⁾	307	160 ⁽²⁾	466
	200 ⁽³⁾	86	200 ⁽³⁾	119	200 ⁽¹⁾	227	200 ⁽²⁾	343
400	250 ⁽³⁾	57	250 ⁽³⁾	80	250 ⁽³⁾	161	250 ⁽¹⁾	248
	315 ⁽³⁾	34	315 ⁽³⁾	50	315 ⁽³⁾	109	315 ⁽³⁾	170
	80 ⁽²⁾	306	80 ⁽²⁾	395	80 ⁽²⁾	728	80 ⁽²⁾	1.114
	100 ⁽¹⁾	223	100 ⁽²⁾	288	100 ⁽²⁾	530	100 ⁽²⁾	810
	125 ⁽³⁾	177	125 ⁽²⁾	232	125 ⁽²⁾	427	125 ⁽²⁾	652
630	160 ⁽³⁾	126	160 ⁽¹⁾	173	160 ⁽²⁾	318	160 ⁽²⁾	484
	200 ⁽³⁾	89	200 ⁽³⁾	124	200 ⁽¹⁾	238	200 ⁽²⁾	361
	250 ⁽³⁾	60	250 ⁽³⁾	85	250 ⁽³⁾	172	250 ⁽¹⁾	267
	315 ⁽³⁾	37	315 ⁽³⁾	54	315 ⁽³⁾	120	315 ⁽³⁾	190
	80 ⁽²⁾	307	80 ⁽²⁾	397	80 ⁽²⁾	734	80 ⁽²⁾	1.124
630	100 ⁽¹⁾	225	100 ⁽²⁾	290	100 ⁽²⁾	535	100 ⁽²⁾	819
	125 ⁽³⁾	178	125 ⁽²⁾	235	125 ⁽²⁾	433	125 ⁽²⁾	661
	160 ⁽³⁾	128	160 ⁽¹⁾	176	160 ⁽²⁾	323	160 ⁽²⁾	494
	200 ⁽³⁾	91	200 ⁽³⁾	126	200 ⁽¹⁾	244	200 ⁽²⁾	371
	250 ⁽³⁾	61	250 ⁽³⁾	87	250 ⁽³⁾	178	250 ⁽¹⁾	277
630	315 ⁽³⁾	38	315 ⁽³⁾	56	315 ⁽³⁾	126	315 ⁽³⁾	200
	80 ⁽²⁾	308	80 ⁽²⁾	399	80 ⁽²⁾	736	80 ⁽²⁾	1.127

Potencia Trafo (kVA)	Cable subterráneo, tipo XZ1 (S) unipolar, de Al (f/n)							
	50/50		95/50		150/95		240/150	
	Calibre fusible (A)	L.máx. (m)	Calibre fusible (A)	L.máx. (m)	Calibre fusible (A)	L.máx. (m)	Calibre fusible (A)	L.máx. (m)
1.000	100 ⁽¹⁾	225	100 ⁽²⁾	291	100 ⁽²⁾	537	100 ⁽²⁾	823
	125 ⁽³⁾	179	125 ⁽²⁾	236	125 ⁽²⁾	435	125 ⁽²⁾	665
	160 ⁽³⁾	129	160 ⁽¹⁾	177	160 ⁽²⁾	326	160 ⁽²⁾	497
	200 ⁽³⁾	91	200 ⁽³⁾	127	200 ⁽¹⁾	246	200 ⁽²⁾	375
	250 ⁽³⁾	62	250 ⁽³⁾	88	250 ⁽³⁾	180	250 ⁽¹⁾	281
	315 ⁽³⁾	39	315 ⁽³⁾	57	315 ⁽³⁾	128	315 ⁽³⁾	204

- (1) Fusibles que protegen frente a sobrecargas y cortocircuitos maximizando la capacidad del cable. Fusible a colocar con carácter general.
- (2) Fusibles que protegen frente a sobrecargas y cortocircuitos. Uso excepcional y con autorización previa de e-distribución.
- (3) Fusibles no válidos puesto que no protegen frente a sobrecargas. El dato de longitud máxima se indica sólo a efectos de calcular la longitud de las derivaciones.

Cualquier otra longitud y/o dispositivo de protección deberá ser justificado por el proyectista.

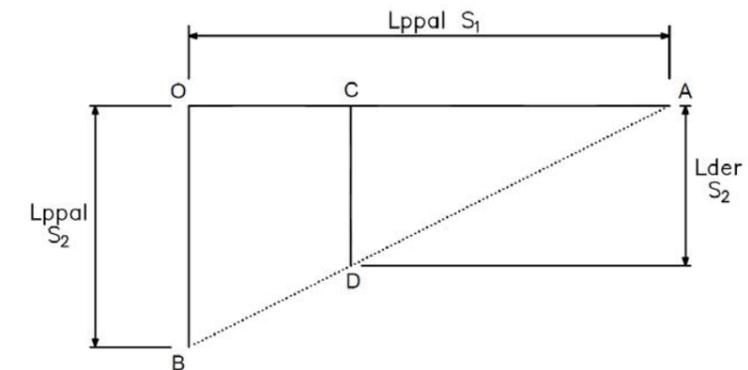
6.2 LONGITUD MÁXIMA DE DERIVACIONES

Con carácter general las derivaciones de las LSBT son conexiones rígidas, es decir, sin dispositivos de protección en el punto de derivación.

En este caso si se realizan con secciones de cables inferiores al de la línea principal, eventuales cortocircuitos producidos en dicha derivación deben protegerse con los dispositivos de protección instalados en el origen de la línea principal.

La longitud máxima de la derivación que puede protegerse contra cortocircuitos, por el mismo dispositivo de protección que protege la línea, se determina por el siguiente esquema:

Figura 1. Longitud máxima de derivaciones



$L_{ppal} (S1) = \overline{OA}$, longitud máxima de una línea principal, de sección S1, protegida contra cortocircuitos por un dispositivo de protección instalado en cabecera (O).

$L_{ppal} (S2) = \overline{OB}$, longitud máxima de una línea principal, de sección S2, protegida contra cortocircuitos por el mismo fusible instalado en O.

$L_{der} (S2) = \overline{CD}$, longitud máxima de la derivación, de sección S2, protegida contra cortocircuitos por el fusible instalado en cabecera (O).



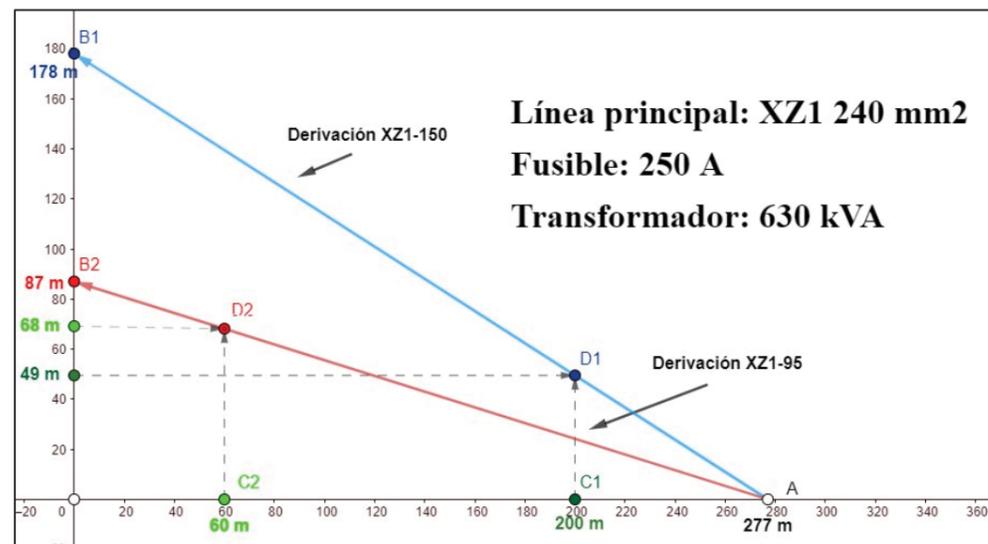
La longitud máxima de una derivación de sección S2 (Lder), con origen en el punto C de la línea principal de sección S1, para asegurar una correcta protección frente a cortocircuitos viene dada por la siguiente expresión:

$$L_{der}(S2) = \overline{CD} = \frac{\overline{CA} \cdot \overline{OB}}{\overline{OA}} = \frac{(\overline{OA} - \overline{OC})}{\overline{OA}}$$

Siendo OC la distancia entre el punto de conexión de la derivación con la línea principal y origen de la misma donde están ubicados los dispositivos de protección (centro de transformación).

A continuación, y a modo de ejemplo, se detalla gráficamente la longitud máxima de sendas derivaciones de XZ1-150 y XZ1-95 conectadas sobre una LSBT XZ1-240 protegida en el centro de transformación con fusibles de 250A.

Figura 2. Ejemplo longitud máxima de derivación



La longitud máxima de una derivación con cable XZ1-150 mm² conectada a 200 metros del CT es de 49 metros.

En caso de derivar a 60 metros del CT con cable XZ1-95 mm², la longitud máxima de la derivación pueden ser 68 metros

7 ANEXO. RESULTADOS DE CÁLCULO

Denominación	Tipo	V	P. Calc. (kW)	f.d.p.	Longitud (m)	I (A)	Sección (mm ²)	Neutro (mm ²)	Inominal (A)	Cof. Reductor	Iz (A)	ΔV (V)	Máx. caída de tensión	c.d.t.	c.d.t. Acum. (%)	Línea
Suministra a cuadro de mando alumbrado 1	T	3 400	15,00	0,85	25	27,06	150	95	253	1,00	253,00	0,19	22,00	0,05%	0,05%	RV 0,6/1 KV 3 x 150 + 1 x 95 -mm2
Suministra a cuadro de mando alumbrado 2	T	3 400	20,00	0,85	25	33,96	150	95	253	1,00	253,00	0,24	22,00	0,06%	0,06%	RV 0,6/1 KV 3 x 150 + 1 x 95 -mm2
Suministra a cuadro de mando alumbrado 3	T	3 400	25,00	0,85	25	40,09	150	95	253	1,00	253,00	0,28	22,00	0,07%	0,07%	RV 0,6/1 KV 3 x 150 + 1 x 95 -mm2
Suministra a cuadro de mando alumbrado 4	T	3 400	20,00	0,85	200	36,08	150	95	253	1,00	253,00	2,02	22,00	0,51%	0,51%	RV 0,6/1 KV 3 x 150 + 1 x 95 -mm2
Suministra a cuadro de mando alumbrado 5	T	3 400	20,00	0,85	25	36,08	150	95	253	1,00	253,00	0,25	22,00	0,06%	0,06%	RV 0,6/1 KV 3 x 150 + 1 x 95 -mm2
DEPÓSITO	T	3 400	100,00	0,85	330	180,42	150	95	253	1,00	253,00	16,70	22,00	5,5%	4,17%	RV 0,6/1 KV 3 x 150 + 1 x 95 -mm2

07E70025106B00V4B5A5X1S3L4

