



# HOJA DE CONTROL DE FIRMAS ELECTRÓNICA



## Instituciones:

Firma Institución:

Firma Institución:

Firma Institución:

Firma Institución:

## Ingenieros:

Nombre:

Nombre:

Colegio:

Colegio:

Nº. Colegiado/a:

Nº. Colegiado/a:

Firma Colegiado/a:

Firma Colegiado/a:

Nombre:

Nombre:

Colegio:

Colegio:

Nº. Colegiado/a:

Nº. Colegiado/a:

Firma Colegiado/a:

Firma Colegiado/a:

En caso de que el trabajo que se adjunta no estuviera sometida a visado obligatorio, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 13 de la Ley 2/1974 de Colegios Profesionales, el Colegiado hace constar que ha obtenido el consentimiento previo de su Cliente para proceder al visado.

## PROYECTO DE:

# NUEVO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADO PFU-3 Y CONEXIÓN CON LSMT “LAUREL” SUBESTACIÓN “LOSVELEZ”

SITO EN PARAJE SERRANOS TM.VÉLEZ-RUBIO. ALMERÍA

Coordenadas UTM – ETRS89	X	Y	Huso
NUEVA ARQUETA AN2 ENTRONQUE LSMT	579.813	4.167.658	30
NUEVO CT	579.829	4.167.650	30

### Según Proyectos Tipo:

FYZ30000 para Centro de Transformación Interior prefabricado de superficie

DYZ1000 para Líneas Subterráneas de MT.

Expediente Industria:

Número:

Número Solicitud:

Número ODM:

### AUTOR:

**D. Alejandro Rey-Stolle Degollada**

Col. 2116 del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Andalucía Oriental



### Documentos del Proyecto

- Hoja de Características
- Memoria
- Cálculos Justificativos
- Planos
- Pliego de Condiciones técnicas
- Presupuesto
- Estudio de Seguridad y Salud
- Anexo I: Gestión de Residuos
- Anexo II: Informe de campos magnéticos
- Renuncia a Dirección de Obra.

## HOJA DE CARACTERÍSTICAS

**Peticionario:** EDistribución Redes Digitales, S.L.U.  
**Domicilio:** Paraje La Ceba, 10 (Rotonda), 04230 Huércal de Almería (Almería).

### INSTALACIÓN

Nuevo Centro de Transformación en edificio prefabricado en superficie y nueva línea alimentadora subterránea de media tensión a 25kV L/LAUREL

### EMPLAZAMIENTO

Paraje Serranos, T.M. Vélez-Rubio (Almería)

Coordenadas UTM – ETRS89	X	Y	Huso
NUEVA ARQUETA AN1 ENTRONQUE LSMT	579.813	4.167.658	30
NUEVO CT	579.829	4.167.650	30

### FINALIDAD DE LA INSTALACIÓN:

El objeto del proyecto es la instalación de un nuevo Centro de Transformación ubicado en el exterior de la Subestación “Los Vélez” para garantizar y mejorar el suministro eléctrico en la zona.

### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:

#### **LSMT:**

**Canalización:** 25m de zanja bajo tierra (4 tubos PE 200mm)  
**Conductor:** 80m de nueva Línea RH5Z1 18/30 kV 3x240 mm<sup>2</sup> Al 25kV

#### **CENTRO DE TRANSFORMACIÓN:**

**Edificio:** Independiente, edificio prefabricado en superficie  
**Celdas M.T.:** 2 nuevas celdas de línea y 1 nueva celda de protección, Norma GSM001 en SF6 36kV-630A  
**Transformador 1:** En baño de aceite 630 kVA B2 25/0,420kV

### PRESUPUESTO TOTAL.

Presupuesto Total: **31.8972,69 €**

### ORGANISMOS AFECTADOS.

**Ayuntamiento de Vélez-Rubio**  
**Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible (Afección a Medio Ambiente)**  
**Confederación Hidrográfica del Segura**

**Documento 1**

**MEMORIA**

<b>1</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Objeto del Proyecto .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Ámbito de aplicación .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Titular de la Instalación .....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Descripción de la Propuesta.....</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>Emplazamiento .....</b>	<b>8</b>
<b>7</b>	<b>Relación de Parcelas Afectadas.....</b>	<b>8</b>
<b>8</b>	<b>Reglamentación y Normativa .....</b>	<b>9</b>
<b>9</b>	<b>CT EDIFICIO PREFABRICADO .....</b>	<b>10</b>
	Ubicación y accesos.....	10
	Dimensiones.....	11
	<b>Características eléctricas de la Instalación .....</b>	<b>11</b>
	Configuración eléctrica .....	11
	Nivel de aislamiento en MT .....	12
	Nivel de aislamiento en BT.....	12
	Potencias de transformación .....	12
	Intensidad nominal en MT .....	13
	Corriente de cortocircuito .....	13
	<b>Instalación Eléctrica .....</b>	<b>13</b>
	Líneas de alimentación .....	13
	Celdas de distribución secundaria .....	14
	Cuadros de BT.....	15
	<b>Protecciones .....</b>	<b>16</b>
	• Protección contra sobrecargas.....	16
	• Protección térmica del transformador .....	16
	• Protección contra cortocircuitos externos .....	16
	• Protección contra sobretensiones en MT.....	16
	<b>Instalación de Puesta a Tierra .....</b>	<b>17</b>
	Instalación de Puesta a Tierra .....	17

Diseño de la instalación de puesta a tierra.....	18
Elementos constituyentes de la instalación de puesta a tierra.....	19
Electrodos de puesta a tierra.....	19
Líneas de tierra.....	19
Ejecución de la instalación de puesta a tierra de protección .....	20
• Ejecución de la puesta a tierra de servicio .....	20
• Medidas adicionales de seguridad para las tensiones de paso y contacto .....	21
<b>Sistema de Telemando.....</b>	<b>21</b>
• Unidad Compacta de Telemando .....	21
• Detector de paso de falta.....	22
• Comunicaciones .....	23
<b>Estudio de Seguridad y Salud. Plan de Seguridad .....</b>	<b>23</b>
<b>Limitación de los Campos Magnéticos.....</b>	<b>23</b>
• Medidas de atenuación de campos magnéticos .....	24
• Medición de campos magnéticos: Métodos, Normas y Control por la Administración .....	24
<b>15 Protección contra Incendios.....</b>	<b>25</b>
<b>16 Ventilación .....</b>	<b>25</b>
<b>17 Insonorización y medidas anti vibraciones.....</b>	<b>26</b>
<b>18 Protección contra la contaminación.....</b>	<b>26</b>
<b>19 Señalización y material de seguridad.....</b>	<b>26</b>
<b>20 Normas de consulta UNE y Normas de Endesa Distribución .....</b>	<b>27</b>
<b>21 Siglas .....</b>	<b>27</b>
<b>LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN .....</b>	<b>29</b>
<b>Gestión de Residuos.....</b>	<b>38</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>38</b>

## 1 Introducción

El presente documento constituye la Memoria del Proyecto Tipo de ENDESA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA (ACTUALMENTE EDISTRIBUCIÓN REDES DIGITALES), aplicable al diseño de Centros de Transformación de distribución de tipo interior, en edificio prefabricado de superficie.

***El presente proyecto incluye las características específicas de la obra concreta a describir, utilizando como base el Proyecto Tipo de Endesa.***

## 2 Objeto del Proyecto

***El objeto del proyecto es la instalación de un nuevo Centro de Transformación para garantizar y mejorar el suministro eléctrico en la zona.***

***Se instalará un nuevo Centro de Transformación ubicado en edificio prefabricado en superficie en un camino del paraje Serranos y nueva línea subterránea de media tensión a 25kV que lo alimenta desde la Subestación "LosVelez". Las instalaciones se ubican en el T.M. de Vélez-Rubio.***

El objeto del presente proyecto es el de establecer las características a que habrá de ajustarse dicha instalación, con el fin de obtener Autorización Administrativa Previa y Autorización Administrativa de Construcción por parte del Servicio Provincial de Industria de **Almería**.

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 construidas por terceros y cedidas a ella.

## 3 Ámbito de aplicación

El presente Proyecto Tipo será de aplicación a los Centros de Transformación (en adelante CT), para tensiones de servicio de 3ª Categoría (tensiones mayores de 1 kV y hasta 30 kV inclusive) y 230/400 V en Baja Tensión (en adelante BT), preparados para recibir uno o dos transformadores, en edificio prefabricado en superficie.

Este Proyecto Tipo no es de aplicación a los Centros de Transformación Prefabricados Rural Bajo Poste, ya que esta instalación tiene como referencia el Proyecto Tipo FYZ31000.

## 4 Titular de la Instalación

El titular y propietario de la instalación objeto del presente proyecto es la empresa distribuidora EDISTRIBUCIÓN REDES DIGITALES, S.L.U., con C.I.F. B-82846817 y domicilio social en calle Ribera del Loira nº 60, CP 28042, Madrid, a efectos de notificaciones en:

Para notificaciones: **Paraje La Cepa, 10 (Rotonda), 04230 Huércal de Almería (Almería).**

## 5 Descripción de la Propuesta

El Centro de Transformación y LSMT a ejecutar discurre por Termino Municipal de **Vélez-Rubio**.

La LSMT empieza en los empalmes a realizar en los conductores existentes de la red subterránea de media tensión L/LAUREL proveniente del Parque de 25000V de la Subestación “LosVelez”, discurrirá por el camino de acceso a la Subestación y alimentará el nuevo CT a instalar en dicha ubicación.

El Proyecto contiene:

- 25 m. nueva zanja por camino no asfaltado (4 T. PE200mm).
- 80 m. de tendido subterráneo circuito 25kV conductor RH5Z1 18/30kV 3x240 AL
- 1 Ud. nuevo Centro de Transformación en edificio prefabricado de superficie, con conjunto de celdas Norma Global GSM001 SF6 36kV-630A configuración LLP, 1 aparato transformador en baño aceite de 630kVA B2 y 1 CBT UNESA de 4 salidas.
- 2 Ud. Arquetas prefabricadas de hormigón, tipo A2, con tapas de hierro fundido D-400 Norma Endesa.

## 6 Emplazamiento

Las instalaciones a reformar están ubicadas en el T.M. de Vélez-Rubio, concretamente en el camino de la Subestación en el paraje de Serranos.

Las coordenadas UTM30 en sistema ETRS89 son:

Coordenadas UTM – ETRS89	X	Y	Huso
NUEVA ARQUETA AN2 ENTRONQUE LSMT	579.813	4.167.658	30
NUEVO CT	579.829	4.167.650	30

## 7 Relación de Parcelas Afectadas.

La ubicación del nuevo Centro de Transformación y del trazado de la canalización es en terreno propiedad de Compañía, por lo que no existen parcelas particulares afectadas.

## 8 Reglamentación y Normativa

Para la redacción de este proyecto se han tenido en cuenta las siguientes reglamentaciones:

- 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 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.
- 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 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.
- 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.
- Ordenanzas municipales de los Ayuntamientos afectados.

## 9 CT EDIFICIO PREFABRICADO

Se proyecta un edificio prefabricado en superficie, capaz de albergar las 3 celdas, 1 aparato transformador y 1 CBT.

Con carácter general, serán de aplicación las especificaciones recogidas en la Norma **FNH001 CC.TT prefabricados hormigón tipo superficie**.

### 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.

## 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.

## Características eléctricas de la Instalación

### Configuración eléctrica

En nuestro caso particular, la configuración proyectada es:

- **Celda de Entrada de Línea: Línea desde Sub. LosVelez**
- **Celda de Salida de Línea: Línea hacia el CT 36063**
- **Celda de Protección del Transformador: con aparato de 630kVA B2.**

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)

En nuestro caso se trata de un Centro de Transformación con un transformador.

## 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 siguiente:

Tabla 1. Niveles de aislamiento

Tensión nominal de la red U (kV)	Tensión más elevada para el material Um (kV eficaces)	Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial Ud (kV eficaces)	Tensión de choque soportada a impulsos tipo rayo (kV de cresta)
$U \leq 20$	24	50	125
$20 < U \leq 30$	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 indicado en la tabla anterior.

## Nivel de aislamiento en BT

En cuanto a la tensión de servicio de la instalación de BT del CT, se podrán dar los casos recogidos en la tabla siguiente:

Tabla 2. Tensiones de servicio

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

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.

## Potencias de transformación

**En nuestro caso proyectado, se instalará un aparato de sólo 630kVA B2.**

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)			
		250	400	630	1000
Monotensión	400 (B2)	X	X	X	X
Bitensión	230 y 400 (B1B2)	X	X	X	-

### Intensidad nominal en MT

La intensidad nominal del embarrado y la apartamentada de MT será, en general, de 630 A de acuerdo con la **Norma GSM001 MV RMU with Switch-Disconnecter**.

### Corriente de cortocircuito

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

Tabla 4 . Intensidades de cortocircuito admisibles

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

(\*) Cuando las características de la red así lo requieran, se utilizarán celdas cuyas intensidades serán de 20 kA, con valor de cresta de 50 kA.

Para materiales instalados en BT se considerará una Intensidad de cortocircuito admisible asignada de 25 kA (corta duración 1 s).

## Instalación Eléctrica

### Líneas de alimentación

En nuestro proyecto las líneas serán subterráneas con cable seco de 240mm<sup>2</sup> de sección. Se instalarán 2 líneas, realizando empalmes a los conductores provenientes de la Subestación LosVelez y el CT 36063 y haciendo entrada y salida en el nuevo CT.

Las líneas de 3ª Categoría (≤ 30kV) 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), según la **Norma GSC001, Technical specification of medium voltage cables**, 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 o 400 mm <sup>2</sup>

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 20xD, siendo D el diámetro exterior del cable, y una vez instalado, este radio de curvatura podrá ser como máximo de 15xD.

### Celdas de distribución secundaria

Las celdas de distribución secundaria corresponderán al tipo de celdas bajo envoltorio metálica en las modalidades de compactas contempladas en la **Norma GSM001 MV RMU with Switch-Disconnecter** para celdas con corte y aislamiento en SF6.

### Tipos de celdas

Las celdas pueden estar destinadas a la función de línea (L) o 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 motorizada, de modo que posteriormente sea posible instalar el sistema de telemando con tensión de servicio y sin modificar la posición abierto/cerrado del interruptor.

Las características eléctricas de las celdas de línea a instalar son:

- Denominación: **ORMAZABAL GSM001**
- Designación: **GSM001**
- Intensidad nominal del embarrado: **630A**
- Corriente de cortocircuito: **16kA (0,5 segundos)**
- Tensión asignada: **36 kV**
- Tensión soportada a frecuencia industrial durante 1 minuto:
  - A tierra y entre fases: **50 kV**
  - A la distancia de seccionamiento: **60 kV.**
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo (valor de cresta):
  - A tierra y entre fases: **125 kV**
  - A la distancia de seccionamiento: **145 kV.**
- Tensión auxiliar motores de telemando: **24Vcc**

## 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.

**Se proyecta un transformador en baño de aceite de 630kVA, se instalarán Fusibles de sólo 40 A.**

## Cuadros de BT

En general, el CT irá dotado de uno o dos cuadros modulares de distribución de baja tensión, 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 cumplirán lo establecido en la **Norma FNL002, Cuadro BT para CT 4/8 salidas CBTG con alimentación de grupo.**

Las bases portafusibles a utilizar serán del tipo BTVC que se indican en la **Norma NNL012 Bases Tripolares Verticales Cerradas para Fusibles de Baja Tensión del Tipo Cuchilla con Dispositivo Extintor de Arco.**

*En nuestro caso se instalará 1 Cuadro de Baja Tensión, de 420V.*

*En nuestro caso se instalarán zócalos con bases para fusibles de 400 A.*

## 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 telemando y CT sin telemando.

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

## Circuito de alumbrado

En los Centros no telemandados se iniciará en uno de los fusibles de la unidad funcional de control del cuadro de BT.

En los Centros telemandados, el circuito se alimentará desde el cuadro de aislamiento según la **Norma 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.

## Protecciones

- **Protección contra sobreintensidades**

**En general para celdas de protección de transformadores de potencia**, 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 cortacircuitos 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.

**Se proyecta un transformador en baño de aceite de 630kVA, se instalarán Fusibles de sólo 40 A.**

- **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.

- **Protección contra cortocircuitos externos**

La protección contra cortocircuitos externos en el puente que une los bornes del secundario del transformador y el cuadro de BT, y en su propio embarrado estará asignada a los fusibles de MT. Los calibres a utilizar están recogidos en el documento **Guía técnica del sistema de protecciones de la red MT, de referencia FGC002**.

Los cortocircuitos que puedan producirse en las líneas de BT que salen del centro de transformación deberán ser eliminados 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.

- **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 aparataje 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 cumplirán la **Norma AND015 Pararrayos óxidos metálicos sin explosores redes MT hasta 36 kV.**

## 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 de Protección y el de Servicio, 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 las tierras de protección y de servicio se calcula en el capítulo 1 del Documento Cálculos justificativos

Se podrá prescindir de una red independiente de puesta a tierra de servicio en aquellos casos en los que la intensidad de defecto y la resistencia de puesta a tierra de protección 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 de protección, con carácter general, las masas de MT y BT y más concretamente los siguientes elementos:

- Envolturas y pantallas metálicas de los cables.
- Envoltura 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 protección.

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

## 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 **2 circuitos independientes**: el de **uno Protección y uno de Servicio**, 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 las tierras de protección y de servicio se calcula en el Documento de Cálculos justificativos

Se podrá prescindir de una red independiente de puesta a tierra de servicio en aquellos casos en los que la intensidad de defecto y la resistencia de puesta a tierra de protección 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 de protección, con carácter general las masas de MT y BT, y más concretamente los siguientes elementos:

- Envolturas y pantallas metálicas de los cables.
- Envoltorio metálica de las celdas de distribución secundaria y cuadros de BT.
- Cuba del transformador.
- Pararrayos Autoválvula de MT.
- Bornas de tierra de los detectores de tensión.
- Bornas de puesta a tierra de los transformadores de intensidad de BT.
- Bornas para conexión a tierra de los dispositivos portátiles de puesta a tierra.
- 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 protección.

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

## 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, 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:
  - Neutro aislado
  - 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 se desarrolla el procedimiento de cálculo y justificación de la instalación de puesta a tierra que se aplicará al CT proyectado.

## 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.

### Electrodos de puesta a tierra

Dependiendo de las características del CT, podrán estar formados por:

- Picas de acero recubierto de cobre, según Norma NNZ035.
- 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.

### Líneas de tierra

Las líneas de tierra de protección y de servicio estarán constituidas por conductores de cobre, para los que se adoptará con carácter general la sección mínima de 50 mm<sup>2</sup>.

La línea de tierra del neutro estará aislada en todo su recorrido con un nivel de aislamiento 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 ms.

## Ejecución de la instalación de puesta a tierra de protección

La puesta a tierra de protección se ejecutará, siempre que sea posible, mediante un electrodo horizontal formado por cable de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> 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 de protección y en la conexión de elementos a la misma, se cumplirán las siguientes condiciones:

- La parte de la instalación de la puesta a tierra de protección que discurre por el interior del CT será revisable visualmente en todo su recorrido.
- Se instalará un borne de conexión 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 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 protección en al menos dos puntos.
- Igualmente, la cuba del transformador se conectará, por lo menos en dos puntos, a la puesta a tierra de protección.
- La envolvente del cuadro de BT (cuando sea metálica) estará conectada al circuito de protección, mientras que la pletina de conexión del neutro de BT lo estará al de servicio.

### • Ejecución de la puesta a tierra de servicio

Para la puesta a tierra de servicio 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 37  $\Omega$ .

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 de protección y de servicio 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 RV de 50 mm<sup>2</sup> de sección. Partirá de la pletina de neutro del cuadro BT y discurrirá, por el fondo de una zanja a una profundidad mínima 0,5 m hasta conectar con las picas de puesta a tierra.

## • Medidas adicionales de seguridad para las tensiones de paso y contacto

El valor de las resistencias de puesta a tierra de protección y de servicio 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 de protección.

## Sistema de Telemando

**Para nuestro proyecto, no se prevé instalación de Telemando.**

En los casos en los que se requiera se instalará un sistema de telemando que consta 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 cuya Norma es: **GSTR001, Remote Terminal Unit for secondary substations**
  - Cuadro para transformador de aislamiento 10 kV: **Norma: GSCL001, Electrical Control Panel Auxiliary Services of Secondary Substations**
2. Detectores de paso de falta direccionales.

## • 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 (altura x anchura x profundidad), aunque una vez incluidos el resto de equipos quedan unas dimensiones finales de:

- 800x600x400 en la solución mural
- 400x850x400 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: **Norma . GSCB001 12V VRLA Accumulators for Powering Remote-Control Device of Secondary Substations.**
- Modem de comunicaciones

## • **Detector de paso de falta**

El detector paso de falta (RGDAT) corresponde a la **Norma GSTP001 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.

## • 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.

## Estudio de Seguridad y Salud. Plan de Seguridad

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.

## 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 los siguientes documentos incluidos en el presente PT:

- **FYZ30007: Estudio campos magnéticos. Centro de transformación de superficie con 1 transformador.**
- **FYZ30008: Estudio campos magnéticos. 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.

## • **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.

## • **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 Aplicación:

- 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.

## 15 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.

### 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.

## 16 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, según **Norma FNH001 CC.TT. Prefabricados Hormigón Tipo Superficie.**

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

## 17 Insonorización y medidas anti vibraciones

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 homologados por Endesa. 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.

## 18 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 **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 envolventes aislantes.

## 19 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.

## 20 Normas de consulta UNE y Normas de Endesa Distribución

### 21.1. Normas UNE

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 capas concéntricas.

### 21.2. Normas de Endesa Distribución

FGC002	Guía técnica del sistema de protecciones de la red MT.
FND005	Transformadores trifásicos tipo seco para distribución en BT.
FNH001	CC.TT prefabricados de hormigón tipo superficie.
FNL002	Cuadro de distribución en BT con conexión de Grupo para CCTT
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
GSC001	Technical specification of medium voltage cables with rated voltage U0/Uc (Um) 8,7/15(17,5) kV, 12/20(24) kV, 15/25(31) kV, 18/30(36) kV and 20/34,5(37,95) kV.
GSM001	MV RMU with Switch-Disconnecter
GST001	MV/LV Transformers
GSTR001	Remote Terminal Unit for secondary substations
GSPT001	RGDAT-A70
GSC002	Technical specification of low voltage cables with rated voltage U <sub>0</sub> / U (Um) 0,6/1,0 (1,2) 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.

## 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

## LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN

### 1. Introducción

El presente documento constituye la memoria del Proyecto 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. Ámbito de aplicación

El presente Proyecto Tipo será de aplicación a todos los proyectos de nuevas líneas subterráneas de media tensión.

En las modificaciones de líneas existentes sólo será de aplicación a aquellos tramos que vayan a ser reemplazados, y siempre que sea compatible con la configuración de la parte que permanezca inalterada.

### 3. Reglamentación y normativa

Para la redacción del presente Proyecto Tipo se ha tenido en cuenta la siguiente reglamentación y normativa 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 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.
- 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, definen características de elementos integrantes de las LSMT.
- 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.

#### 4. Criterios generales de diseño

Las líneas objeto del presente PT, a efectos reglamentarios, se consideraran de tercera categoría. Las líneas principales serán de sección uniforme y adecuada a las características de carga de la línea. Igualmente las derivaciones tendrán la misma sección 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 $U_n$ (kV)	Tensión nominal cables y accesorios $U_0/U$ (kV eficaces)	Tensión más elevada cable y accesorios $U_m$ (kV eficaces)	Tensión soportada nominal a frecuencia industrial (kV eficaces)	Tensión de choque soportada nominal (tipo rayo) (kV de cresta)
$U \leq 20$	12/20	24	50	125
$20 < U \leq 30$	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.
- $U_n$**  Tensión nominal eficaz a 50 Hz de la red.
- $U_0$**  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.
- $U_m$**  Tensión más elevada para el material a 50 Hz entre dos conductores cualesquiera.

## 5. Elementos de las líneas subterráneas de MT

### 5.1. Cable aislado de potencia

En nuestro proyecto se empleará cable de Aluminio, aislado a 18/30kV y con 240mm<sup>2</sup> de sección, con pantalla también de Aluminio.

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 semiconductor 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 a la **Norma GSC001, Medium voltage cables with rated voltage.**

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 cables subterráneos**

Características	Valores
Nivel de aislamiento	12/20 ó 18/30 (kV)
Naturaleza del conductor	Aluminio
Sección del conductor	150, <b>240</b> ó 400 mm <sup>2</sup>

### 5.2. 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 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 Norma UNE 211027 y a la **Norma GSCC005 12/20(24) kV and 18/30(36) kV Cold shrink terminations for MV cables.**
- Terminaciones enchufables: Se utilizarán para instalaciones con celdas de corte y aislamiento en SF<sub>6</sub>. Serán acordes a las Norma UNE 211027 y a la **Norma GSCC006 12/20(24) kV and 18/30(36) kV Separable connectors for MV cables**

### 5.3. Empalmes

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

Como norma general se utilizarán siempre empalmes contráctiles en frío, de acuerdo a la **Norma 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 EDE.

## 5.4. Pararrayos

Los pararrayos se ajustarán a la norma UNE-EN 60099 y a la **Norma GE AND0015 Pararrayos de Óxidos Metálicos sin explosores para redes de MT hasta 36 kV.**

## 6. Canalización subterránea

### 6.1. Descripción del trazado

**En nuestro caso la canalización discurrirá por camino de acceso a la Subestación “LosVelez” en el paraje Serranos.**

En general 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.

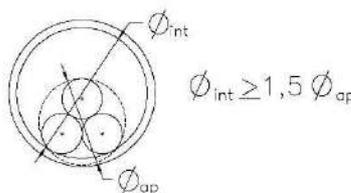
Al marcar el trazado de las zanjas, se tendrán en cuenta los radios de curvatura mínimos, fijados por los fabricantes.

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 y se ajustarán a la **Norma 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 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.

Excepcionalmente, se podrá admitir la instalación de cables directamente enterrados en zonas no urbanas, previa justificación por parte del proyectista y acuerdo con ENDESA.

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.

Las canalizaciones llevarán tetratubos de control ubicados encima de los tubos eléctricos mediante soportes. 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.

## 6.2. Arquetas

En nuestro caso particular, se instalarán:

- **Arquetas A2, una en la salida del Centro e Transformación y otra en la zona donde se realizarán los empalmes a la línea subterránea existente.**

Deberán disponerse las arquetas suficientes que faciliten la realización de los trabajos de tendido pudiendo ser catas abiertas, arquetas ciegas o con tapas practicables.

El número de arquetas en los tramos rectos se dispondrá en función de la máxima tensión de tiro indicada por el fabricante del conductor.

En los cambios de dirección se dispondrán arquetas con tapa practicable o no, teniendo en cuenta que el radio de curvatura de tendido no será inferior a 20 veces el diámetro exterior del cable. No se admitirán ángulos inferiores a 90°.

Una vez tendido el cable para el caso de catas abiertas se taparán al igual que las zanjas. Cuando se considere conveniente, se colocarán arquetas prefabricadas según norma **NNH001 Arquetas Prefabricadas para Canalizaciones Subterráneas**. El montaje de las arquetas de material plástico se realizará tomando como referencia el documento **NMH00100 Guía de Montaje e Instalación de Arquetas Prefabricadas de Poliester, 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, sobrepasando la rasante de ésta en 10 cm con el fin de amortiguar las vibraciones que pudieran transmitirse. 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.

En las salidas de un centro de transformación, las arquetas podrán ser practicables y, por tanto, cerrarse con la tapa normalizada para este fin. Esta tapa podrá no dejarse vista y por lo tanto deberá cubrirse con el acabado superficial que proceda.

En todos los casos, deberá estudiarse por el Proyectista 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.

## 7. 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 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 4 se resumen las distancias entre servicios subterráneos para cruces, paralelismos y proximidades.

**Tabla 4. Resumen de distancias entre servicios subterráneos para cruces, paralelismos y proximidades es la del reglamento**

Instalaciones u obstáculos	Distancias		Condiciones
	Cruzamientos	Paralelismos	
Calles y carreteras	<p>La profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie será:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <math>\geq 0,60 \text{ m}</math> </div> <p>El cruce será perpendicular al vial, siempre que sea posible</p>		Los cables se colocaran en canalizaciones entubadas hormigonadas en toda su longitud.
Ferrocarriles	<p>La profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie, respecto a la cara inferior de la traviesa, será:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <math>\geq 1,10 \text{ m}</math> </div> <p>El cruce será perpendicular a la vía, siempre que sea posible. La canalización rebasará la vía férrea en 1,5 m por cada</p>		Los cables se colocaran en canalizaciones entubadas hormigonadas en toda su longitud

Instalaciones u obstáculos	Distancias		Condiciones
	Cruzamientos	Paralelismos	
	extremo.		
Otros cables de energía eléctrica	Distancia entre cables: $\geq 0,25 \text{ m}$ La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 m.	Distancia entre cables de MT de una misma empresa: $\geq 0,20 \text{ m}$ Distancia entre cables de MT y BT o MT de diferentes empresas: $\geq 0,25 \text{ m}$	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: $\geq 0,20 \text{ m}$ La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 m. $\geq 0,20 \text{ m}$	Distancia entre cables: $\geq 0,20 \text{ m}$	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: <b>Se evitara el cruce por la vertical de las juntas de la canalización de agua. La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 m.</b>	Distancia entre cables y canalización: $\geq 0,20 \text{ m}$ En arterias importantes esta distancia será de 1 m como mínimo. <b>Se procurará mantener dicha distancia en proyección horizontal y que la canalización del agua quede por debajo del nivel del cable. La distancia</b>	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.

Instalaciones u obstáculos	Distancias		Condiciones
	Cruzamientos	Paralelismos	
		mínima entre empalmes y juntas será de 1 m.	
<b>Canalizaciones de gas</b>	<p>Distancia entre cables y canalización:</p> <p>Sin protección suplementaria</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <math>\geq 0,40 \text{ m}</math> </div> <p>Con protección suplementaria</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <math>\geq 0,25 \text{ m}</math> </div> <p>En caso de canalización entubada, se considerará como protección suplementaria el propio tubo.</p>	<p>Distancia entre cables y canalización:</p> <p>Sin protección suplementaria</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <math>AP \geq 0,40 \text{ m}</math>  <math>MP \text{ y } BP \geq 0,25</math> </div> <p>Con protección suplementaria</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <math>AP \geq 0,25 \text{ m}</math>  <math>MP \text{ y } BP \geq 0,15</math> </div> <p>La distancia mínima entre empalmes y juntas será de 1 m.</p>	
<b>Conducciones de alcantarillado</b>	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 mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica.
<b>Depósitos de carburante</b>	<p>La profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie será:</p> <p>La canalización rebasará al</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <math>\geq 1,20 \text{ m}</math> </div> <p>depósito en 2 m por cada extremo.</p>		Los cables de MT se dispondrán dentro de tubos o conductos de suficiente resistencia mecánica.

Instalaciones u obstáculos	Distancias		Condiciones
	Cruzamientos	Paralelismos	
Conexiones de servicio	Distancia entre servicios: <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin: 10px 0;"><math>\geq 0,30 \text{ m}</math></div> La entrada de las conexiones de servicio a los edificios, tanto de BT como de MT, deberá taponarse hasta conseguir una estanqueidad perfecta. Así se evita que en el caso de producirse una fuga de gas en la calle, el gas entre en el edificio a través de estas entradas y se acumule en el interior con el consiguiente riesgo de explosión.	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.	

## 8. Conversiones de línea aérea a subterránea

**En nuestro caso se rehará la conversión existente, con la nueva línea proveniente del nuevo Centro de Transformación, realizando nuevas terminaciones y conectando a la línea aérea.**

En los casos de un cable subterráneo de MT intercalado en una línea aérea de MT se tendrán en cuenta lo indicado en los planos del **PT AYZ10000 Línea Aérea Media Tensión, AYZ10125 Armado triangulo conversión DC y AYZ10127 Armado triangulo conversión SC** además de las siguientes consideraciones.

La conexión del cable subterráneo con la línea aérea será seccionable cuando el cable una la línea aérea con un centro de cliente. En caso de soterramiento de un tramo de línea aérea no será necesario instalar seccionadores en las conversiones.

En el tramo de subida hasta la línea aérea, el cable subterráneo irá protegido dentro de un tubo o bandeja cerrada de hierro galvanizado o de material aislante con un grado de protección contra daños mecánicos no inferior a IK10 según la norma UNE-EN 50102. El tubo o bandeja se obturará por su parte superior para evitar la entrada de agua y se empotrará en la cimentación del apoyo. Sobresaldrá 2,5 m por encima del nivel del terreno. En el caso de tubo, su diámetro interior será como mínimo 1,5 veces el diámetro aparente de la terna de cables unipolares, y en el caso de bandeja, su sección tendrá una profundidad mínima de 1,8 veces el diámetro de un cable unipolar, y una anchura de unas tres veces su profundidad.

Deberán instalarse protecciones contra sobretensiones mediante pararrayos. La conexión a tierra de los pararrayos no se realizará a través de la estructura del apoyo metálico, se colocará una línea de tierra a tal efecto, a la que además se conectarán, cortocircuitadas, las pantallas de los conductores subterráneos.

Se instalará una arqueta cerca del apoyo en el caso de que exista previsión de instalación de fibra óptica, para realizar la conversión aérea subterránea de la fibra. La arqueta se dejará lo más próxima al apoyo con una distancia máxima de 5 m, y conectada mediante tubo de protección del cable de fibra que ascenderá por el lado opuesto al que ascienden los cables eléctricos hasta una altura de 2,5 m.

## 9. Puesta a tierra

**En nuestro proyecto, en los terminales de conexión en las celdas de media tensión, se tendrán las pantallas de los cables de M.T. puestos a tierra.**

Las pantallas metálicas de los conductores de Media Tensión se conectarán a tierra en cada uno de sus extremos y en puntos intermedios.

## Gestión de Residuos

En el presente proyecto se generan residuos, y así se desglosan en documento Anexo del presente proyecto.

## Conclusiones

Expuesto el objeto y la utilidad del presente proyecto, se espera que el mismo merezca la aprobación de la Administración, y se emitan las autorizaciones pertinentes para su tramitación y puesta en servicio.

**En Almería, Diciembre de 2.019**

**Fdo: D. Alejandro Rey-Stolle Degollada  
Ingeniero Industrial**

Col. 2116 del Colegio Oficial de  
Ingenieros Superiores Industriales de Andalucía Oriental



## Documento 2

### CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

## ÍNDICE CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

<b>1</b>	<b>Cálculos eléctricos de la línea subterránea de media tensión.....</b>	<b>41</b>
	Características eléctricas del conductor .....	41
	Resistencia eléctrica.....	41
	Reactancia del cable .....	41
	Capacidad .....	42
	Intensidades máximas admisibles.....	42
	Intensidad máxima admisible en servicio permanente.....	43
	Intensidad de cortocircuito máxima admisible en el conductor .....	44
	Potencia a transportar .....	45
	Caídas de tensión .....	46
	Pérdidas de potencia .....	46
<b>2.</b>	<b>Cálculos del Centro de Transformación .....</b>	<b>47</b>
	Cálculo de las Instalaciones de Puesta a Tierra .....	47
	Introducción .....	47
	Características generales de la instalación.....	47
	Datos iniciales.....	48
	Cálculo de la puesta a tierra de protección.....	49
	Diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra. Selección del electrodo. ....	53
	Cálculo de la resistencia de puesta a tierra, intensidad de defecto y tensiones de paso para el electrodo seleccionado. ....	55
	Valores máximos de tensión admisibles.....	57
	Comprobación de que con el electrodo seleccionado se satisfacen las condiciones exigidas .....	59
	Corrección y ajuste del diseño inicial .....	60
	Cálculo de la puesta a tierra de servicio .....	60
	<b>Separación entre los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio.....</b>	<b>61</b>
	<b>Sistema único para las puestas a tierra de protección y servicio .....</b>	<b>61</b>
	<b>Cálculos eléctricos de los puentes de MT y BT.....</b>	<b>67</b>
	Introducción.....	67
	Intensidad en MT. ....	67
	Dimensionado de las conexiones MT .....	68
	Intensidad en BT.....	69
	Dimensionado de las conexiones BT .....	69
	Máxima Intensidad .....	69

# 1 Cálculos eléctricos de la línea subterránea de media tensión

Para el cálculo de una línea de media tensión el proyectista justificará los siguientes apartados según las características de la línea a proyectar:

1. Intensidades máximas admisibles para el cable,
2. Caída de tensión de tensión,
3. Capacidad de transporte,
4. Pérdidas de potencia.

## Características eléctricas del conductor

A continuación se justifican y se determinan las características eléctricas del conductor que se precisaran para los cálculos justificativos de la línea.

### Resistencia eléctrica

La resistencia R del conductor, en ohmios por kilómetro, varía con la temperatura  $\theta$  de funcionamiento de la línea. El incremento de resistencia en función de la temperatura viene determinado por la expresión:

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

Siendo:

$\alpha = 0,00403$  para el aluminio.

$\theta =$  Temperatura máxima del conductor, se adopta el valor correspondiente a  $90^{\circ}C$ .

Para los conductores normalizados las resistencias serán:

**Tabla 1. Resistencia de los conductores**

Conductor	Sección nominal (mm <sup>2</sup> )	Resistencia máxima a 20°C (Ω/km)	Resistencia máxima a 90°C (Ω/km)
RH5Z1 y RHZ1-OL 12/20 y 18/30 kV	150	0,206	0,264
	<b>240</b>	<b>0,125</b>	<b>0,161</b>
	400	0,0778	0.100

### Reactancia del cable

La reactancia depende de la geometría y diseño del conductor, las reactancias de los cables especificados normalizados serán:

**Tabla 2. Reactancia de los conductores**

Conductor	Sección nominal (mm <sup>2</sup> )	Reactancia cable 12/20 kV (Ω/km)	Reactancia cable 18/30 kV (Ω/km)
RH5Z1 y RHZ1-OL	150	0,114	0,123
	<b>240</b>	<b>0,106</b>	<b>0,114</b>
	400	0,099	0,106

En el presente proyecto los circuitos se compondrán de tres conductores unipolares de aluminio del tipo **RH5Z1 de 3x240 AL 18/30 KV.**

## Capacidad

La capacidad depende de la geometría y diseño del conductor, las capacitancias de los cables especificados en el proyecto tipo serán:

**Tabla 3. Conductividad de los conductores**

Conductor	Sección nominal (mm <sup>2</sup> )	Capacitancia cable 12/20 kV		Capacitancia cable 18/30 kV	
		(uF/km)	(S·km)	(uF/km)	(S·km)
RH5Z1 y RHZ1-OL	150	0,254	7,980·10 <sup>-5</sup>	0,192	6,032·10 <sup>-5</sup>
	<b>240</b>	<b>0,306</b>	<b>9,613·10<sup>-5</sup></b>	<b>0,229</b>	<b>7,194·10<sup>-5</sup></b>
	400	0,376	1,181·10 <sup>-5</sup>	0,277	8,702·10 <sup>-5</sup>

La intensidad capacitiva que circulará por un conductor será:

$$I = \frac{U}{\sqrt{3}} \cdot Y_c \cdot L \quad (A/km)$$

Siendo:

- I** = Intensidad capacitiva en el inicio de un conductor de longitud L, en A.
- U** = Tensión de línea, en kV.
- Y<sub>c</sub>** = Conductividad, en S·km
- L** = Longitud total del conductor, en km.

## Intensidades máximas admisibles

Para cada instalación, dependiendo de sus características, configuración, condiciones de funcionamiento, tipo de aislamiento, etc., el proyecto justificará y calculará la intensidad máxima permanente del conductor, con el fin de no superar la temperatura máxima asignada. Las temperaturas máximas admisibles de los conductores, en servicio permanente y en cortocircuito, para aislamiento seco en polietileno reticulado XLPE, son las que figuran en la siguiente tabla:

**Tabla 4. Temperaturas máximas admisibles aislamiento conductores**

Tipo de aislamiento seco	Servicio permanente $\theta_{cc}$	Cortocircuito $\theta_{cc}$ ( $t \leq 5s$ )
Polietileno reticulado XLPE	90 °C	250 °C

### Intensidad máxima admisible en servicio permanente

Los conductores de XLPE de aluminio directamente enterrados podrán admitir una intensidad permanente según ICT-LAT 06 Tabla 06. Los conductores entubados podrán admitir una intensidad permanente según ITC-LAT 06 tabla 12:

**Tabla 5. Intensidades máxima admisibles en conductores XLPE AI**

Sección	Intensidad de servicio (A)*	
	Directamente enterrados	Bajo tubo
150	260	245
240	345	320
400	445	415

\* Un único circuito enterrado a 1 metro de profundidad, temperatura del terreno de 25°C y resistividad del terreno de 1.5 · m/W.

En el presente proyecto el circuito se compondrá de tres conductores unipolares de aluminio homogéneo unipolar de tensión nominal de 18/30 kV, cuya denominación es:

**RH5Z1 3x240 AL 18/30 KV**

Según la tabla anterior, a un conductor de aluminio de 240 mm<sup>2</sup> de sección le corresponde una intensidad  $I = \underline{320}$  A.

A este valor se le aplicarán los coeficientes de corrección correspondientes en función de la temperatura, resistividad térmica del terreno, agrupación de conductores y profundidad de la instalación, según el apartado 6.1.2.2. de la ITC-LAT-06:

#### **Temperatura del terreno (Fct)**

Se aplicaran los coeficientes de la tabla 7 ITC-LAT-06.

#### **Resistividad térmica del terreno (Fct)**

Se aplicaran los coeficientes de la tabla 8 y 9 ITC-LAT-06.

#### **Agrupación de circuitos (Fca)**

Se aplicaran los coeficientes de la tabla 10 ITC-LAT-06.

## Profundidades de instalación (Fcp)

Se aplicaran los coeficientes de la tabla 11 ITC-LAT-06.

Luego la intensidad admisible permanente del conductor se calculará por la siguiente expresión:

$$I_{adm} = I \cdot Fct \cdot Fcrt \cdot Fca \cdot Fcp$$

Dónde:

- I<sub>adm</sub>** Intensidad máxima admisible en servicio permanente, en A.
- I** Intensidad del conductor sin coeficientes de corrección, en A.
- Fct** Factor de corrección debido a la temperatura del terreno,
- Fcrt** 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 el tipo de instalación objeto de este proyecto la intensidad admisible permanente en los conductores será:

$$I_{adm} = I \cdot Fct \cdot Fcrt \cdot Fca \cdot Fcp = 320 \times 0,83 = 265,6 \text{ A}$$

## Intensidad de cortocircuito máxima admisible en el conductor

En primer lugar el proyectista determinará el valor de la intensidad de cortocircuito de la línea a la cual se integrará la red subterránea. Este valor puede ser conocido directamente o bien proporcionado indirectamente a partir de la potencia máxima de cortocircuito de la red, en este caso la corriente de cortocircuito se obtendrá a partir de la siguiente expresión:

$$I_{cc3} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Dónde:

- I<sub>cc3</sub>** Intensidad de cortocircuito trifásica, en kA.
- S<sub>cc</sub>** Potencia de cortocircuito de la red, en MVA.
- U** Tensión de línea, en kV,

A continuación se indican las intensidades de cortocircuito para algunas redes:

**Tabla 6. Corrientes de cortocircuito en redes MT**

U (kV)	S <sub>cc</sub> (MVA)	I <sub>cc3</sub> (kA)
25	500	11,547
20	500	14,433
15	500	19,245
11	500	26,243

En el presente proyecto la corriente de cortocircuito de la red puede considerarse 11,547kA.

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito soportada por el conductor se tendrá en cuenta que el conductor utilizado es de aluminio, que la temperatura inicial de servicio es

de 90 °C, la temperatura final deberá ser inferior a 250°C, tiene una sección de **240** y tiempo máximo de duración del cortocircuito es de **1s**, dato proporcionado por la Cía. Distribuidora.

Para tiempos de cortocircuito cortos la intensidad máxima admisible por un conductor vendrá dada por la fórmula del calentamiento adiabático:

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

Dónde:

**I<sub>cc Adm.</sub>**= Intensidad de cortocircuito calculada en una hipótesis adiabática, en A,

**S**= Sección del conductor, en mm<sup>2</sup>,

**K** = Coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de las temperaturas al inicio y al fin del cortocircuito,

**t<sub>cc</sub>** = Duración del cortocircuito, en segundos.

Como se refleja en la tabla 26 correspondiente el apartado 6.2 de la ITC-LAT-06, la densidad admisible de corriente de cortocircuito, en A/mm<sup>2</sup>, para conductores de aluminio y un Δθ=160 °C, es de 94 A/mm<sup>2</sup>.

A continuación se indican los valores de cortocircuito máximo admisibles de los conductores especificados en el presente proyecto tipo:

**Tabla 7. Corrientes de cortocircuito admisibles en los conductores de secciones normalizadas en kA**

Sección del conductor mm <sup>2</sup>	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

Por tanto, en nuestro caso, para una sección de **240 mm<sup>2</sup>** el conductor será capaz de soportar una corriente de cortocircuito de **22,6 kA**.

Resultando mayor la intensidad de cortocircuito soportada por este tipo de conductor (**I<sub>ccs</sub>** = **22,6kA**) que la intensidad permanente de la red (**I<sub>ccp</sub>** = **11,547kA**).

## Potencia a transportar

La potencia máxima a transportar vendrá determinada por la siguiente expresión:

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

Dónde:

**P** = Potencia activa máxima admisible por el cable, en MW.

**U** = Tensión de línea, en kV,

**I** = Intensidad máxima admisible del conductor, determinada en el apartado 0, en A.

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi = \underline{\underline{9.200,65 \text{ kW}}}$$

La potencia a transportar deberá ser inferior a la calculada.

## Caídas de tensión

La caída de tensión se calculará como:

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

En valor absoluto

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

En valor porcentual

Dónde:

**P** = Potencia a transportar, en kW,

**L** = longitud de la línea, en km: **Para nuestro caso 80m**

**U** = Tensión nominal de la línea, en kV,

**R<sub>90</sub>** = Resistencia del conductor a 90°C, incluido efecto piel y efecto proximidad, en Ω/km,

**X** = Reactancia de la línea, en Ω/km.

**tg φ** = Tangente de fi de la instalación, adim.

Al 240 (**R<sub>90</sub> = 0,161 Ω/km; X = 0,114 Ω/km** (calcularemos la caída de tensión para la máxima potencia soportada por el cable y la longitud más desfavorable))

$$U_c = \frac{P \cdot L}{U} \cdot (R_{90} + X \cdot \text{tg } \varphi) = \frac{9200,65 \cdot 0,080}{25} \cdot (0,161 + 0,114 \cdot \tan 0,8)$$

$$U_c = \underline{\underline{4,79}}; U_c (\%) = \underline{\underline{0,019148168}} \%$$

La caída de tensión calculada deberá ser inferior al 7 %.

## Pérdidas de potencia

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

$$P_p = \frac{P^2 \cdot L \cdot R_{90}}{U^2 \cdot \cos^2 \varphi} \text{ En valor absoluto} \quad \frac{9200,65 \cdot 9200,65 \cdot 0,080 \cdot 0,161}{25 \cdot 25 \cdot 0,8 \cdot 0,8}$$

## 2.726 W pérdida de potencia máxima para la longitud más desfavorable

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

En valor porcentual = **0,029626093 %**

Dónde:

- P** = Potencia a transportar, en kW,
- L** = Longitud de la línea, en km,
- U** = Tensión nominal de la línea, en kV,
- R<sub>90</sub>** = Resistencia del conductor a 90°C, incluido efecto piel y efecto proximidad, Ω/km,
- Cos φ** = Coseno de φ de la instalación, adim.

## 2.Cálculos del Centro de Transformación

### Cálculo de las Instalaciones de Puesta a Tierra

#### 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.

#### Características generales de la instalación

##### Puesta a tierra de protección

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 de protección 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 de protección 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.

## **Puesta a tierra de servicio**

El sistema de puesta a tierra de servicio se diseñará bajo la premisa de que su valor sea inferior a  $37 \Omega$ . Con esto se consigue que un defecto a tierra en la instalación interior, protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de 650 mA de sensibilidad, no ocasione en el electrodo de puesta a tierra de servicio una tensión superior a 24 V ( $37 \times 0,65 \cong 24$ ).

## **Datos iniciales**

Los datos necesarios para realizar el cálculo serán:

- U** Tensión de servicio de la red MT (V).
- U<sub>bt</sub>** Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT (V).
- $\rho$**  Resistividad del terreno ( $\Omega \cdot m$ ).

### Duración de la falta:

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

- I<sub>a</sub>'** Intensidad de arranque del relé de desconexión inicial (A).
- t'** Relé de desconexión inicial a tiempo independiente. Tiempo de actuación del relé (s).
- K', n'** Relé de desconexión inicial a tiempo dependiente. Constantes del relé que dependen de su curva característica intensidad-tiempo.

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

- I<sub>a</sub>''** 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'', n''** Relé tiempo dependiente. Constantes del relé.

Para el caso de red con neutro aislado:

- C<sub>a</sub>** Capacidad homopolar de la línea aérea (F/Km). Normalmente se adopta  $C_a=0,006 \mu F/Km$ .
- L<sub>a</sub>** Longitud total de las líneas aéreas de media tensión subsidiarias de la misma transformación AT/MT (Km).
- C<sub>c</sub>** Capacidad homopolar de la línea subterránea (F/Km). Normalmente se adopta  $C_c=0,25 \mu F/Km$ .
- L<sub>c</sub>** Longitud total de las líneas subterráneas de media tensión subsidiarias de la misma transformación AT/MT (Km).

$\omega$  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:

$R_n$  Resistencia de la puesta tierra del neutro de la red ( $\Omega$ ).

$X_n$  Reactancia de la puesta tierra del neutro de la red ( $\Omega$ ).

A continuación se detallan los pasos a seguir para el cálculo y diseño de la instalación de tierra.

## Cálculo de la puesta a tierra de protección

### 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.

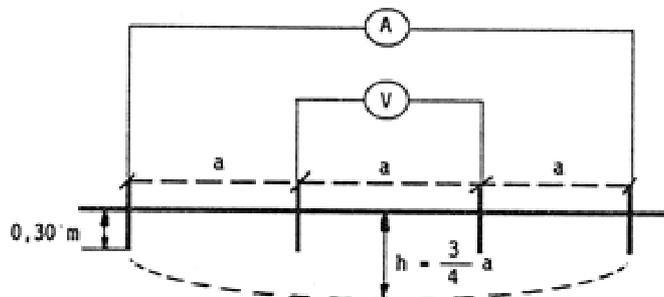
Para la estimación de la resistividad del terreno es de utilidad la tabla siguiente, en la que se dan valores orientativos de la misma en función de la naturaleza del suelo:

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
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 ( $h$ ), calcularemos 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 une 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:

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

$r$  Lectura del equipo de medida ( $\Omega$ ).

$a$  Interdistancia entre picas en la medida (m).

## Determinación de la intensidad de defecto a tierra y del tiempo máximo de eliminación del defecto

### Resistencia máxima de la puesta a tierra de protección 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 que:

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

Por tanto, la resistencia máxima de la puesta a tierra de masas o protección del CT la podemos calcular por la expresión:

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

### Determinación de la intensidad de defecto

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:

$$I_d = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot \omega \cdot (C_a \cdot L_a + C_c \cdot L_c)}{\sqrt{1 + [\omega \cdot (C_a \cdot L_a + C_c \cdot L_c)]^2 \cdot (3 \cdot R_t)^2}}$$

En la que:

- $I_d$  Intensidad máxima de defecto a tierra del CT (A).
- $R_t$  Resistencia de la puesta a tierra de protección del CT ( $\Omega$ ).

El resto de variables tienen la definición y unidades dadas en el apartado 3. Esto mismo es aplicable para el resto de apartados del presente documento.

#### 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:

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}}$$

Donde:

- $I_d$  Intensidad máxima de defecto a tierra del CT (A).
- $R_t$  Resistencia de la puesta a tierra de protección del CT ( $\Omega$ ).
- $R_n$  Resistencia de la puesta tierra del neutro de la red ( $\Omega$ ).
- $X_n$  Reactancia de la puesta tierra del neutro de la red ( $\Omega$ ).

### **Tiempo de eliminación del defecto**

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:

$$t' = \frac{K'}{\left(\frac{I_d'}{I_a'}\right)^{n'} - 1}$$

En la tabla siguiente se dan valores de la contante ( $K'$ ) del relé para los tres tipos de curva ( $n'$ ) más utilizadas:

Tabla 2. Curvas de disparo habituales

Normal inversa (n'=0,02)	Muy inversa (n'=1)	Extremadamente inversa (n'=2)
0,014	1,35	8
0,028	2,70	16
0,042	4,05	24
0,056	5,40	32
0,070	6,70	40
0,084	8,10	48
0,098	9,45	56
0,112	10,80	64
0,126	12,15	72
0,140	13,50	80

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:

$$t'' = \frac{K''}{\left(\frac{I_d'}{I_a''}\right)^{n''} - 1}$$

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:

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

### 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 siguiente tabla, o mediante programas u otras expresiones numéricas suficientemente probadas:

Tabla 3. Resistencia electrodos habituales

Tipo de electrodo	Resistencia en ohmios
Pica vertical	$R = \frac{\rho}{L}$

Conductor enterrado horizontalmente	$R = \frac{2\rho}{L}$
Malla de tierra	$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L}$

Siendo:

- R** Resistencia de tierra del electrodo en  $\Omega$
- $\rho$**  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 (m) 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, cabeza de picas (dm).
- B** Número de picas.
- C** Longitud de las picas (m).

Para elegir el electrodo adecuado se tendrá en cuenta la forma, dimensiones exteriores de la planta del CT y que el valor unitario máximo de la resistencia de puesta a tierra del electrodo ( $K_r$ ) debe verificar:

$$K_r \leq \frac{R_t}{\rho}$$

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:

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

## 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 ( $I_d'$ ) y tensión de defecto ( $V_d'$ ) del electrodo seleccionado mediante las siguientes expresiones:

Resistencia de puesta a tierra del electrodo seleccionado:

$$R_t' = K_r \cdot \rho$$

Intensidad de defecto a tierra:

$$I_d' = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot \omega \cdot (C_a \cdot L_a + C_c \cdot L_c)}{\sqrt{1 + [\omega \cdot (C_a \cdot L_a + C_c \cdot L_c)]^2 \cdot (3 \cdot R_t')^2}}, \text{ para neutro aislado}$$

$$I_d' = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t')^2 + X_n^2}}, \text{ para neutro a tierra}$$

Tensión de defecto:

$$U_d' = R_t' \cdot I_d'$$

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:

$$U_p' = K_p \cdot \rho \cdot I_d'$$

Tensión de contacto máxima:

$$U_c' = K_c \cdot \rho \cdot I_d'$$

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:

$$U'_{p(acc)} = K_c \cdot \rho \cdot I'_d$$

Debido a la existencia del mallazo 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.

## **Agrupación de electrodos en paralelo**

Cuando no sea posible alcanzar un valor de resistencia de puesta a tierra adecuado que verifique que las tensiones de paso y contacto sean admisibles utilizando un solo electrodo, se agruparán varios electrodos en paralelo. En este caso se procederá de la siguiente manera:

- La resistencia equivalente del electrodo ( $R'_t$ ) resultante de la agrupación en paralelo de los N electrodos individuales se obtendrá a partir de la resistencia de cada electrodo individual ( $R'_{ii}$ ) mediante la expresión:

$$R'_t = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{R'_{ii}}}$$

Si suponemos la resistividad del terreno constante alrededor del CT, la resistencia individual de cada electrodo dependerá de su valor unitario de resistencia ( $K_{ri}$ ) que será diferente según su configuración geométrica:

$$R'_{ii} = \rho \cdot K_{ri}$$

con lo que resulta:

$$R'_t = \frac{\rho}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{K_{ri}}}$$

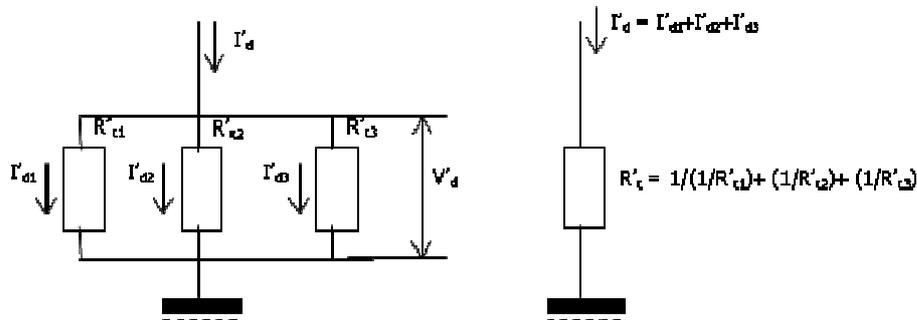
- Dado que los electrodos se conectan en paralelo, la tensión de defecto será la misma para todos ellos y se calculará como el producto de la resistencia equivalente y la intensidad de defecto total obtenida mediante las expresiones dadas en el apartado anterior según el modo de instalación del neutro de la red (neutro aislado o a tierra):

$$U'_d = R'_t \cdot I'_d$$

- La corriente de defecto que atravesará cada uno de los electrodos individuales será inversamente proporcional a su resistencia de puesta a tierra:

$$I'_{di} = \frac{U'_d}{R'_{ii}}$$

Figura 2.- Circuito equivalente. Agrupación de electrodos en paralelo.



- La tensión de paso en la superficie sobre cada electrodo puede considerarse, con suficiente aproximación, igual a la calculada a partir de su valor unitario de tensión de paso exterior ( $K_{pi}$ ) y de la intensidad de defecto que lo atraviesa ( $I_{di}'$ ):

$$U'_{pi} = K_{pi} \cdot \rho \cdot I_{di}'$$

Se adoptará como tensión de paso de cálculo ( $U_p'$ ) el máximo de los valores de las tensiones de paso para cada electrodo individual:

$$U'_p = \text{máx}(U'_{pi})$$

De manera análoga calcularemos la tensión de paso en el acceso ( $U_{p(acc)'}'$ ) como:

$$U'_{p(acc)i} = K_{ci} \cdot \rho \cdot I_{di}'$$

$$U'_{p(acc)} = \text{máx}(U'_{p(acc)i})$$

## Valores máximos de tensión admisibles

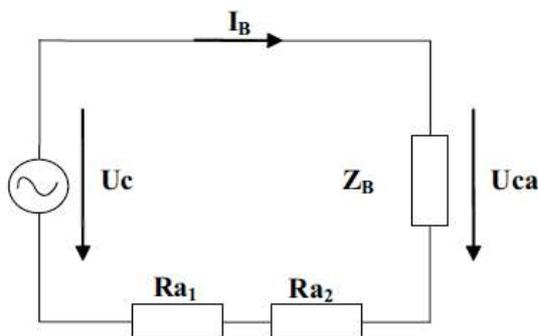
De acuerdo a lo establecido en la ITC-RAT-13, la tensión máxima admisible por el cuerpo humano depende de la duración de la corriente de falta (calculada en el apartado 4.2.2), según se refleja en la siguiente tabla:

Tabla 4. Tensión de contacto aplicada admisible, Tabla 18 ITC-LAT 07

Duración de la falta $t_F$ (s)	Tensión de contacto aplicada admisible $U_{ca}$ (V)
0,05	735
0,1	633
0,2	528
0,3	420
0,4	310
0,5	204

1	107 V
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 1.000  $\Omega$ )
- $I_B$**  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
- $R_{a1}$**  Resistencia 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:

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

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

Que responde al siguiente planteamiento:

- Se supone que la resistencia del cuerpo humano es de 1.000  $\Omega$
- Se asimila cada pie a un electrodo en forma de placa de 200 mm<sup>2</sup> de superficie, ejerciendo sobre el suelo una fuerza mínima de 250 N, lo que representa una resistencia de contacto con el suelo de  $3 \cdot \rho_s$ , donde  $\rho_s$  es la resistividad del terreno.
- Según cada caso,  $R_{a1}$  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  $\Omega$  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:

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

Siendo:

- $C_s$  coeficiente reductor de la resistividad de la capa superficial
- $h_s$  espesor de la capa superficial
- $\rho$  resistividad del terreno natural
- $\rho^*$  resistividad de la capa superficial

## Comprobación de que con el electrodo seleccionado se satisfacen las condiciones exigidas

### 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 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:

$$U'_p \leq U_p$$

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:

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

## 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:

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

## Garantía de eliminación de la falta

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

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

## 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  $U'_{p(acc)}$ .

## Cálculo de la puesta a tierra de servicio

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 servicio de 37  $\Omega$ .

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

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

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:

$$K_r'' \leq K_r'$$

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

$$R_{bt}' = K_r'' \cdot \rho \leq 37 \Omega$$

## Separación entre los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio

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

$$D > \frac{\rho \cdot I_d}{2 \cdot \pi \cdot U_i} \approx \frac{\rho \cdot I_d}{6.283}$$

Siendo:

- D** Distancia entre circuitos de puesta a tierra (m)
- $\rho$**  Resistividad media del terreno ( $\Omega \cdot m$ )
- $I_d$**  Intensidad de defecto (A)
- $U_i$**  Tensión inducida sobre el electrodo de puesta a tierra de servicio (V). Se adopta  $U_i = 1000$

## Sistema único para las puestas a tierra de protección y servicio

Si se cumple que la elevación de potencias, como consecuencia de un eventual defecto a tierra den las instalaciones de MT del CT, es inferior o igual a 1.000 V, se podrá prescindir de la tierra de servicio y conectar el neutro de la baja tensión del transformador a la tierra de protección del CT.

$$R \cdot I_d \leq 1.000V \rightarrow \text{tierra única}$$

Siendo:

- R** Resistencia de puesta a tierra de protección ( $\Omega$ )
- $I_d$**  Intensidad de defecto (A)

## CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA PARA EL CENTRO DE TRANSFORMACION.

### Investigación de las características del suelo.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina una resistividad media superficial de 200  $\Omega\text{m}$ .

### Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.

En instalaciones de Alta Tensión de tercera categoría los parámetros de la red que intervienen en los cálculos de faltas a tierras son:

#### Tipo de neutro.

El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, o a través de impedancia (resistencia o reactancia), lo cual producirá una limitación de las corrientes de falta a tierra.

#### Tipo de protecciones en el origen de la línea.

Cuando se produce un defecto, éste es eliminado mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un relé de intensidad, el cual puede actuar en un tiempo fijo (relé a tiempo independiente), o según una curva de tipo inverso (relé a tiempo dependiente).

Asimismo pueden existir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a 0,5 s.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora, se tiene:

- Intensidad máxima de defecto a tierra,  $I_{d\text{máx}}$  (A): 300.
- Duración de la falta.
  - Desconexión inicial:
  - Tiempo máximo de eliminación del defecto (s): 1.

### Diseño de la instalación de tierra.

Para los cálculos a realizar se emplearán los procedimientos del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA.

#### TIERRA DE PROTECCIÓN.

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero pueden estarlo por defectos de aislamiento, averías o causas fortuitas, tales como chasis y bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

## TIERRA DE SERVICIO.

**Para la puesta a tierra de servicio se utilizarán 3 picas en hilera de diámetro 14 mm. y Longitud 2 m., unidas mediante conductor desnudo de Cu de 50 mm<sup>2</sup> de sección.**

En caso necesario, teniéndose TR de potencia, se conectarán a este sistema el neutro del transformador y la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37 Ω. La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo se realizará con cable de Cu de 50 mm<sup>2</sup>, aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

### Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

Las características de la red de alimentación son:

- Tensión de servicio, U = 25000 V.
- Puesta a tierra del neutro:
  - Desconocida.
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión, U<sub>bt</sub> = 10000 V.
- Características del terreno:
  - ρ terreno (Ωxm): 200.
  - ρ<sub>H</sub> hormigón (Ωxm): 3000.

## TIERRA DE PROTECCIÓN.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas (R<sub>t</sub>), la intensidad y tensión de defecto (I<sub>d</sub>, U<sub>E</sub>), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R<sub>t</sub>:

$$R_t = K_r \cdot \rho \ (\Omega)$$

- Intensidad de defecto, I<sub>d</sub>:

$$I_d = I_{d\text{máx}} \ (A)$$

- Aumento del potencial de tierra, U<sub>E</sub>:

$$U_E = R_t \cdot I_d \ (V)$$

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- **Configuración seleccionada:** 50/30/5/82.
- **Geometría:** Anillo.

- Dimensiones (m): **5x3.**
- Profundidad del electrodo (m): **0,5.**
- Número de picas: **8.**
- Longitud de las picas (m): **2.**

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia,  $K_r (\Omega/\Omega\text{m}) = 0,0820$ .
- De la tensión de paso,  $K_p (V/((\Omega\text{m})A)) = 0,0182$ .
- De la tensión de contacto exterior,  $K_c (V/((\Omega\text{m})A)) = 0,0371$ .

Sustituyendo valores en las expresiones anteriores, se tiene:

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0,082 \cdot 200 = 16,4 \Omega.$$

$$I_d = I_{d\text{máx}} = 300 \text{ A.}$$

$$U_E = R_t \cdot I_d = 16,4 \cdot 300 = 4.920 \text{ V.}$$

## TIERRA DE SERVICIO.

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: **5/32.**
- Geometría: **Picas en hilera.**
- Profundidad del electrodo (m): **0,5.**
- Número de picas: **3.**
- Longitud de las picas (m): **2.**
- Separación entre picas (m): **3.**

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia,  $K_r (\Omega/\Omega\text{m}) = 0,104$ .

Sustituyendo valores:

$$R_{t\text{NEUTRO}} = K_r \cdot \rho = 0,104 \cdot 200 = 20,8 \Omega.$$

## Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas. Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

$$U'p = Kp \cdot \rho \cdot Id = 0,0182 \cdot 200 \cdot 300 = 1.092 \text{ V.}$$

## Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro.

Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, estará sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

Asimismo la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior.

$$U'p (\text{acc}) = Kc \cdot \rho \cdot Id = 0,0371 \cdot 200 \cdot 300 = 2.226 \text{ V.}$$

## Cálculo de las tensiones aplicadas.

Para la obtención de los valores máximos admisibles de la tensión de paso exterior y en el acceso, se utilizan las siguientes expresiones:

$$Up = 10 \cdot Uca \cdot (1 + (2 \cdot Rac + 6 \cdot \rho_s \cdot Cs) / 1000) \text{ V.}$$

$$Up (\text{acc}) = 10 \cdot Uca \cdot (1 + (2 \cdot Rac + 3 \cdot \rho_s \cdot Cs + 3 \cdot \rho_H) / 1000) \text{ V.}$$

$$Cs = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot hs + 0,106)].$$

$$t = t' + t'' \text{ s.}$$

Siendo:

$Up$  = Tensión de paso admisible en el exterior, en voltios.

$Up (\text{acc})$  = Tensión en el acceso admisible, en voltios.

$Uca$  = Tensión contacto aplicada admisible según ITC-RAT 13 (Tabla 1), Voltios.

$Rac$  = Resistencias adicionales, como calzado, aislamiento de la torre, etc, en  $\Omega$

$Cs$  = Coeficiente reductor de la resistencia superficial del suelo.

$hs$  = Espesor de la capa superficial del terreno, en m.

$\rho$  = Resistividad natural del terreno, en  $\Omega\text{m}$ .

$\rho_s$  = Resistividad superficial del suelo, en  $\Omega\text{m}$ .

$\rho_H$  = Resistividad del hormigón, 3000  $\Omega\text{m}$ .

$t$  = Tiempo de duración de la falta, en segundos.

$t' =$  Tiempo de desconexión inicial, en segundos.

$t'' =$  Tiempo de la segunda desconexión, en segundos.

Según el punto 8.2. el tiempo de duración de la falta es:

$$t' = 1 \text{ s.}$$

$$t = t' = 1 \text{ s.}$$

Sustituyendo valores:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_S \cdot C_s) / 1000) = 10 \cdot 107 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 6 \cdot 200 \cdot 1) / 1000) = 5.564 \text{ V}$$

$$U_p (\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_S \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H) / 1000) = 10 \cdot 107 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 3 \cdot 200 \cdot 1 + 3 \cdot 3000) / 1000) = 15.264,5 \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_S) / (2 \cdot h_s + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 200 / 200) / (2 \cdot 0 + 0,106)] = 1$$

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

### Tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Tensión de paso en el exterior	$U'_p = 1.092 \text{ V.}$	<	$U_p = 2736 \text{ V.}$
Tensión de paso en el acceso	$U'_p (\text{acc}) = 2.226 \text{ V.}$	<	$U_p (\text{acc}) = 15264 \text{ V.}$

### Tensión e intensidad de defecto.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Aumento del potencial de tierra	$U_E = 4.920 \text{ V.}$	>	$U_{bt} = 10000 \text{ V.}$
Intensidad de defecto	$I_d = 300 \text{ A.}$	>	

### **Investigación de las tensiones transferibles al exterior.**

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio para su reducción o eliminación.

No obstante, para garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima ( $D_{n-p}$ ), entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio.

$$D_{n-p} \geq (\rho \cdot I_d) / (2000 \cdot \rho) = (200 \cdot 300) / (2000 \cdot [1]) = 9,55 \text{ m.}$$

Siendo:

$\rho =$  Resistividad del terreno en  $\Omega \cdot \text{m}$ .

$I_d$  = Intensidad de defecto en A.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo de servicio se realizará con cable de Cu de  $50 \text{ mm}^2$ , aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

### Corrección del diseño inicial.

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado según se pone de manifiesto en las tablas anteriores.

## Cálculos eléctricos de los puentes de MT y BT

### 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.

### 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.
- $U_p$**  Tensión del primario del transformador (MT) en kV.
- $I_p$**  Intensidad del secundario del transformador (MT) en A.

En la siguiente tabla se dan los valores calculados para los casos más habituales de potencia del transformador y tensión del primario.

Potencia del transformador (kVA)	Tensión nominal primario (kV)						
	10	11	13,2	15	17	20	25
160	9,24	8,40	7,00	6,16	5,43	4,62	3,70
250	14,43	13,12	10,93	9,62	8,49	7,22	5,77
400	23,09	20,99	17,50	15,40	13,58	11,55	9,24
630	36,37	33,07	27,56	24,25	21,40	18,19	14,55
1000	57,74	52,49	43,74	38,49	33,96	28,87	23,09

## Dimensionado de las conexiones MT

Los conductores empleados en la conexión de MT entre el transformador y las celdas cumplirán las especificaciones de la Norma GSC001 "TECHNICAL SPECIFICATION OF MEDIUM VOLTAGE CABLES WITH RATED VOLTAGE  $U_0/U_c(U_m)$  8,7/15(17,5) kV, 12/20(24) kV, 15/25(31) kV, 18/30(36) kV AND 20/34,5(37,95) kV" :

- Tensión nominal de la red  $\leq 20$  kV: tensión de aislamiento 12/20 kV y de 95 mm<sup>2</sup> de sección mínima.
- Tensión nominal de la red  $> 20$  kV y  $\leq 30$  kV: tensión de aislamiento 18/30 kV y de 150 mm<sup>2</sup> de sección mínima.

Las intensidades máximas admisibles de las secciones indicadas en dicho apartado son las que figuran en la siguiente tabla. Se han tomado de la ITC-LAT-06 Tablas 6 y 13, para la temperatura máxima admisible de los conductores y condiciones del tipo de instalación.

Sección nominal de los conductores mm <sup>2</sup>	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 58 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.

## 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 primario del transformador (BT) en kV.
- Is** Intensidad del secundario del transformador (BT) en A.

En la siguiente tabla se dan los valores calculados para los casos más habituales de potencia del transformador y tensión del secundario.

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 (*)
	630	1.186 (*)
B2 – 0,40	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).

## Dimensionado de las conexiones BT

### Máxima Intensidad

Según la Tabla 11 de la ITC-BT-07 para conductores de 240 mm<sup>2</sup> y 150 mm<sup>2</sup> de aluminio con aislamiento XLPE, la intensidad máxima admisible ( $I_{m\acute{a}x}$ ) es de 420 A y 300 respectivamente.

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  $f_1 = 0,90$  (Tabla 13).

Potencia del trafo (kVA)	Tensión del secundario				
	B 2 ( 4 0 0 V )				
	Composición del puente (fases) (mm <sup>2</sup> Al)+neutro	I <sub>n</sub> (A) por fase	I <sub>máx</sub> (A) por fase	f <sub>1</sub>	I <sub>adm</sub> (A) <i>I<sub>adm</sub> = f<sub>1</sub> · I<sub>máx</sub></i>
50	3 x 1 x 150+1x150	72	300	0,9	270
100	3 x 1 x 150+1x150	144	300	0,9	270
160	3 x 1 x 150+1x150	231	300	0,9	270
250	3 x 1 x 240+1x240	361	420	0,9	378
400	3 x 2 x 240+1x240	289	420	0,9	756
<b>630</b>	<b>3 x 3 x 240+2x240</b>	<b>303</b>	<b>420</b>	<b>0,9</b>	<b>1.134</b>
1000	3 x 4 x 240+2x240	481	420	0,9	1.512

Potencia del trafo (kVA)	Tensión del secundario				
	B 1 ( 2 3 0 V )				
	Composición del puente (fases) (mm <sup>2</sup> Al)+neutro	I <sub>n</sub> (A)	I <sub>máx</sub> (A)	f <sub>1</sub>	I <sub>adm</sub> (A) <i>I<sub>adm</sub> = f<sub>1</sub> · I<sub>máx</sub></i>
50	3 x 1 x 150+1x150	94	300	0,9	270
100	3 x 1 x 150+1x150	188	300	0,9	270
160	3 x 1 x 240+1x240	301	420	0,9	378
250	3 x 2 x 240+1x240	471	420	0,9	756
400	3 x 3 x 240+2x240	753	420	0,9	1.134
630	3 x 4 x 240+2x240	1.186	420	0,9	1.512

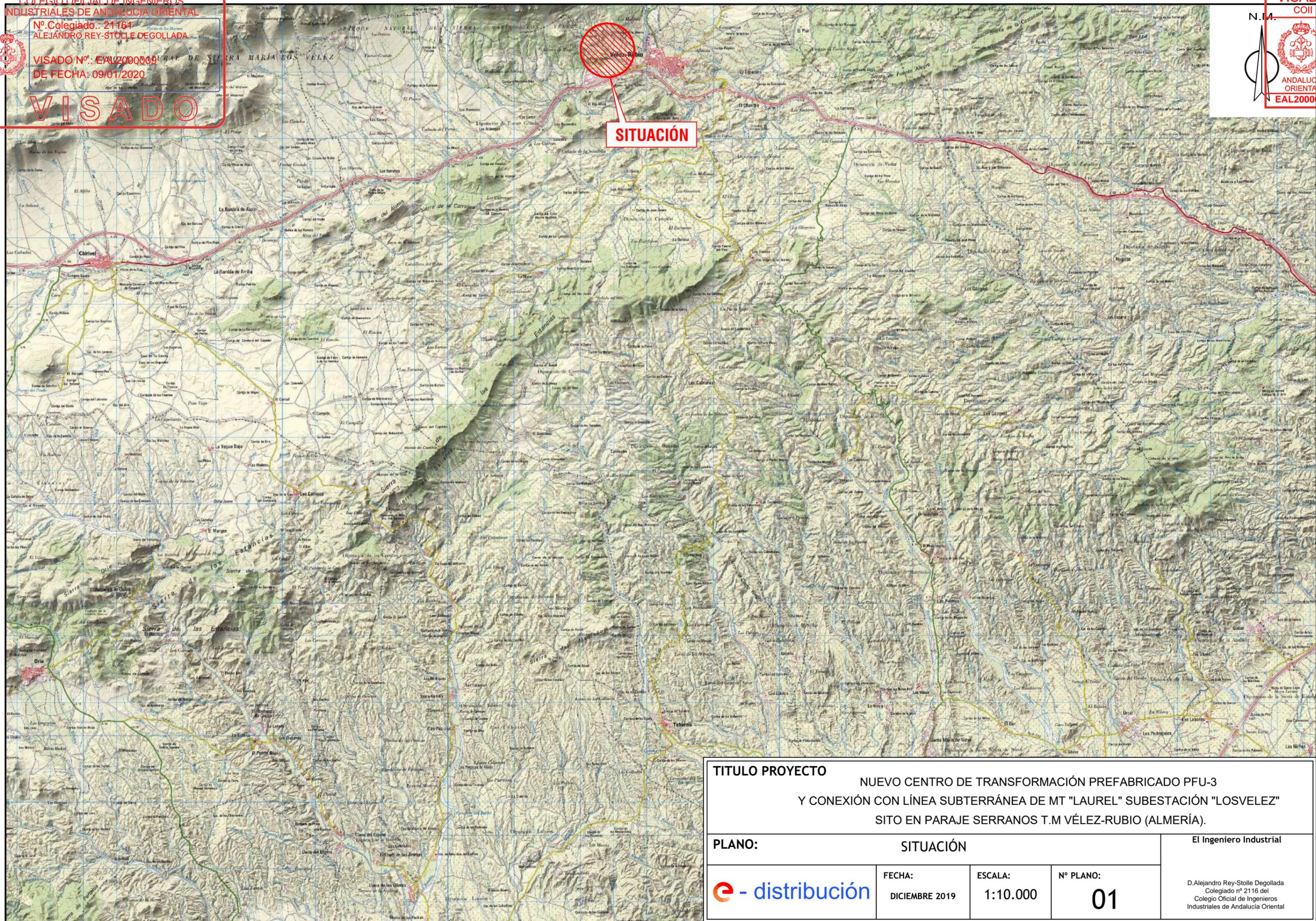
Según la Tabla 11 de la ITC-BT-07 para conductores de 240 mm<sup>2</sup> de aluminio con aislamiento XLPE, la intensidad máxima admisible (I<sub>máx</sub>) es de 420 A.

**Documento 3**

**PLANOS**

## ÍNDICE DE PLANOS

1. SITUACIÓN
2. EMPLAZAMIENTO
3. CANALIZACIÓN
4. CIRCUITOS
5. SECCIONES
6. DETALLES ARQUETAS
7. DETALLES TAPAS ARQUETAS
8. PLANO DEL CT
9. PUESTA A TIERRA DEL CT
10. ESQUEMA UNIFILAR



**SITUACIÓN**

**TITULO PROYECTO**  
 NUEVO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADO PFU-3  
 Y CONEXIÓN CON LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MT "LAUREL" SUBESTACIÓN "LOSVELEZ"  
 SITO EN PARAJE SERRANOS T.M VÉLEZ-RUBIO (ALMERÍA).

<b>PLANO:</b>		<b>SITUACIÓN</b>		<b>El Ingeniero Industrial</b>
	<b>FECHA:</b> DICIEMBRE 2019	<b>ESCALA:</b> 1:10.000	<b>Nº PLANO:</b> <b>01</b>	
				D.Alejandro Rey-Stolle Degollada Colegiado nº 2116 del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Andalucía Oriental

VISADO

COORDENADAS UTM  
(ETRS89)  
X=579813 ,Y=4167658

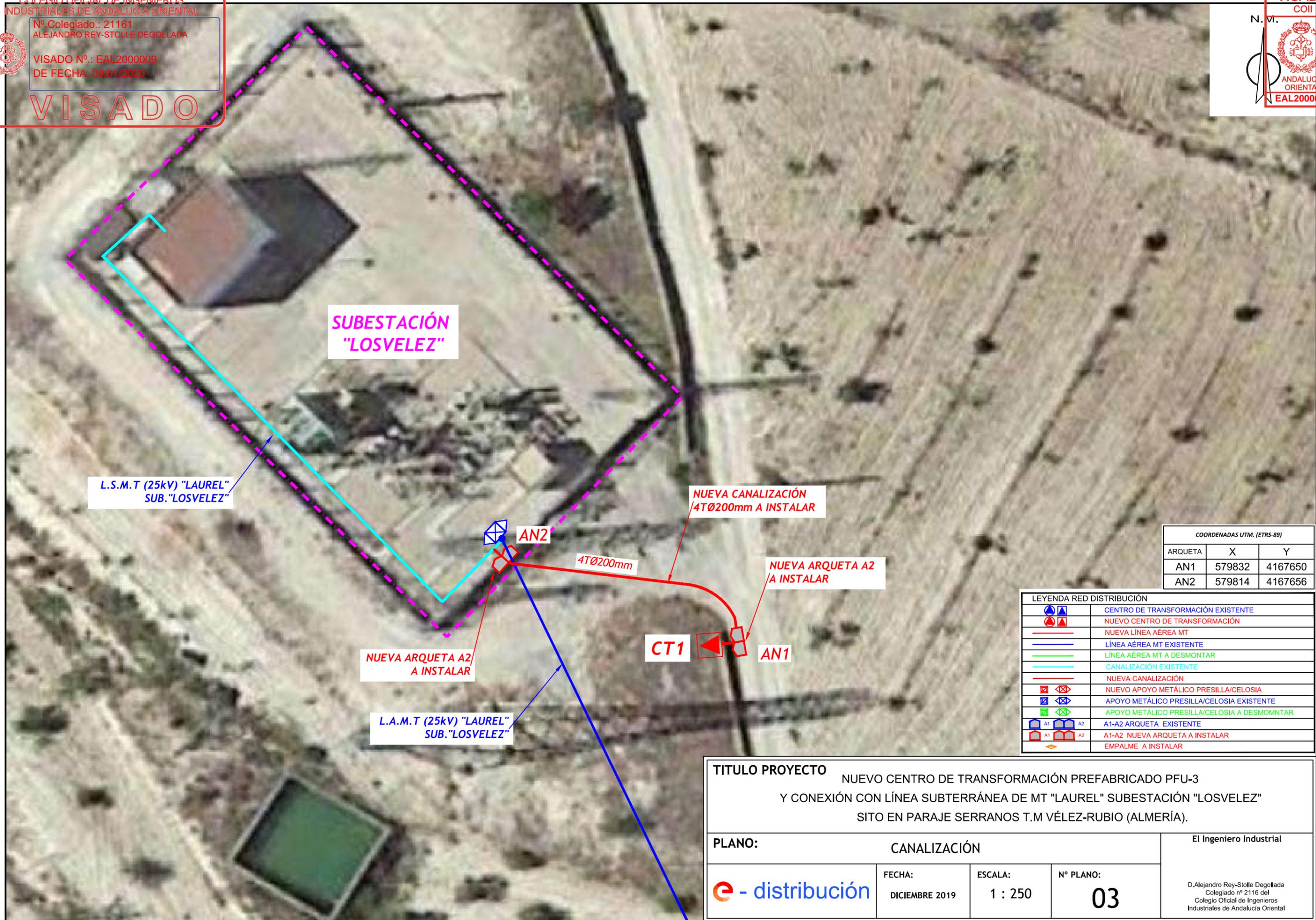
COORDENADAS UTM  
ETRS89  
X=579829 ,Y=4167650

SUBESTACIÓN  
"LOSVELEZ"



**TITULO PROYECTO** NUEVO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADO PFU-3  
Y CONEXIÓN CON LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MT "LAUREL" SUBESTACIÓN "LOSVELEZ"  
SITO EN PARAJE SERRANOS T.M VÉLEZ-RUBIO (ALMERÍA).

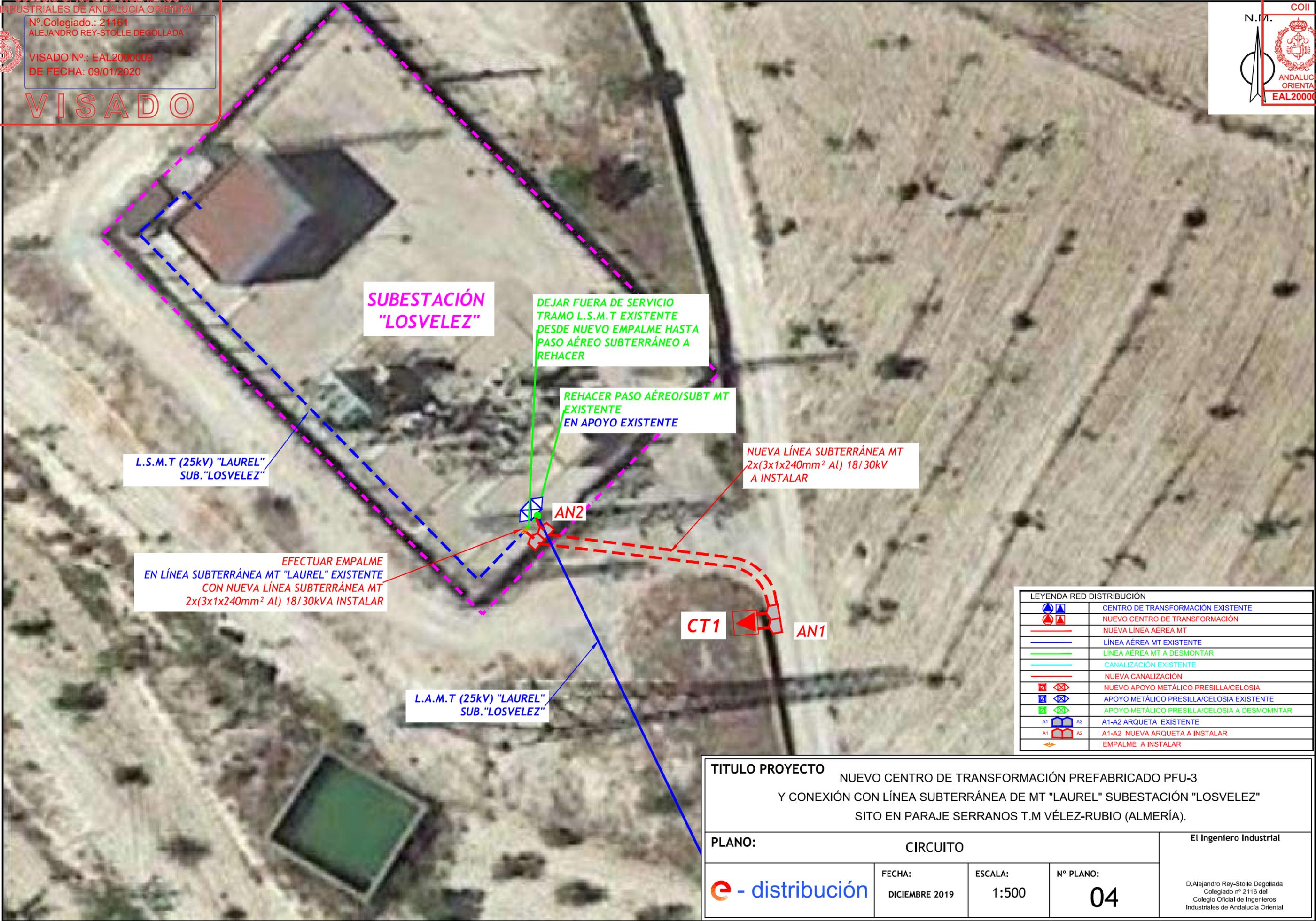
<b>PLANO:</b>	<b>EMPLAZAMIENTO</b>			<b>El Ingeniero Industrial</b>
	<b>FECHA:</b> DICIEMBRE 2019	<b>ESCALA:</b> 1 : 5.000	<b>Nº PLANO:</b> <b>02</b>	D. Alejandro Rey-Stolle Degollada Colegiado nº 2116 del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Andalucía Oriental



COORDENADAS UTM. (ETRS-89)		
ARQUETA	X	Y
AN1	579832	4167650
AN2	579814	4167656

LEYENDA RED DISTRIBUCIÓN	
	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN EXISTENTE
	NUEVO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
	NUEVA LÍNEA AÉREA MT
	LÍNEA AÉREA MT EXISTENTE
	LÍNEA AÉREA MT A DESMONTAR
	CANALIZACIÓN EXISTENTE
	NUEVA CANALIZACIÓN
	NUEVO APOYO METÁLICO PRESILLA/CELOSIA
	APOYO METÁLICO PRESILLA/CELOSIA EXISTENTE
	APOYO METÁLICO PRESILLA/CELOSIA A DESMONTAR
	A1-A2 ARQUETA EXISTENTE
	A1-A2 NUEVA ARQUETA A INSTALAR
	EMPALME A INSTALAR

<b>TITULO PROYECTO</b>			
NUEVO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADO PFU-3 Y CONEXIÓN CON LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MT "LAUREL" SUBESTACIÓN "LOSVELEZ" SITO EN PARAJE SERRANOS T.M VÉLEZ-RUBIO (ALMERÍA).			
<b>PLANO:</b>	CANALIZACIÓN		El Ingeniero Industrial
	FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
	DICIEMBRE 2019	1 : 250	03
			D. Alejandro Rey-Stolle Degollada Colegiado nº 2116 del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Andalucía Oriental



L.S.M.T (25kV) "LAUREL"  
SUB."LOSVELEZ"

EFFECTUAR EMPALME  
EN LÍNEA SUBTERRÁNEA MT "LAUREL" EXISTENTE  
CON NUEVA LÍNEA SUBTERRÁNEA MT  
2x(3x1x240mm<sup>2</sup> Al) 18/30kVA INSTALAR

L.A.M.T (25kV) "LAUREL"  
SUB."LOSVELEZ"

SUBESTACIÓN  
"LOSVELEZ"

DEJAR FUERA DE SERVICIO  
TRAMO L.S.M.T EXISTENTE  
DESDE NUEVO EMPALME HASTA  
PASO AÉREO SUBTERRÁNEO A  
REHACER

REHACER PASO AÉREO/SUBT MT  
EXISTENTE  
EN APOYO EXISTENTE

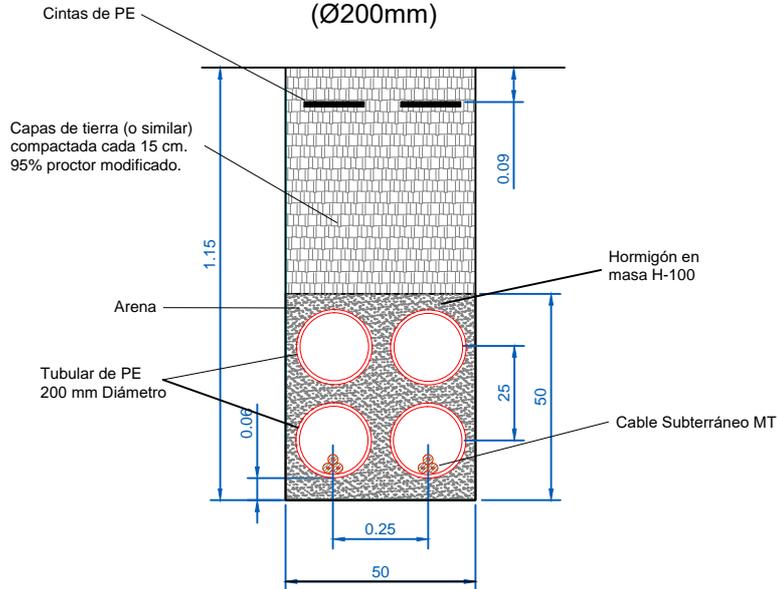
NUEVA LÍNEA SUBTERRÁNEA MT  
2x(3x1x240mm<sup>2</sup> Al) 18/30kV  
A INSTALAR

LEYENDA RED DISTRIBUCIÓN	
	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN EXISTENTE
	NUEVO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
	NUEVA LÍNEA AÉREA MT
	LÍNEA AÉREA MT EXISTENTE
	LÍNEA AÉREA MT A DESMONTAR
	CANALIZACIÓN EXISTENTE
	NUEVA CANALIZACIÓN
	NUEVO APOYO METÁLICO PRESILLA/CELOSIA
	APOYO METÁLICO PRESILLA/CELOSIA EXISTENTE
	APOYO METÁLICO PRESILLA/CELOSIA A DESMONTAR
	A1-A2 ARQUETA EXISTENTE
	A1-A2 NUEVA ARQUETA A INSTALAR
	EMPALME A INSTALAR

**TITULO PROYECTO** NUEVO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADO PFU-3  
Y CONEXIÓN CON LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MT "LAUREL" SUBESTACIÓN "LOSVELEZ"  
SITO EN PARAJE SERRANOS T.M VÉLEZ-RUBIO (ALMERÍA).

<b>PLANO:</b>	<b>CIRCUITO</b>	<b>El Ingeniero Industrial</b>	
	<b>FECHA:</b> DICIEMBRE 2019	<b>ESCALA:</b> 1:500	<b>Nº PLANO:</b> <b>04</b>
D.Alejandro Rey-Stolle Degollada Colegiado nº 2116 del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Andalucía Oriental			

ZANJA MT  
2 Circuito en tierra  
4 Tubos Secos  
(Ø200mm)



TITULO PROYECTO

NUEVO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADO PFU-3

Y CONEXIÓN CON LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MT "LAUREL" SUBESTACIÓN "LOSVELEZ"

SITO EN PARAJE SERRANOS T.M VÉLEZ-RUBIO (ALMERÍA).

PLANO:

SECCION

El Ingeniero Industrial

e - distribución

FECHA:  
DICIEMBRE 2019

ESCALA:  
S/E

Nº PLANO:

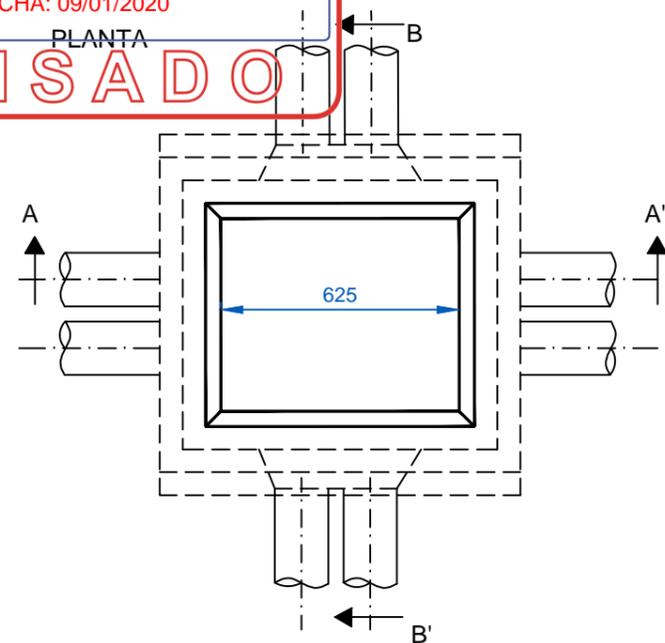
05

D.Alejandro Rey-Stolle Degollada  
Colegiado nº 2116 del  
Colegio Oficial de Ingenieros  
Industriales de Andalucía Oriental

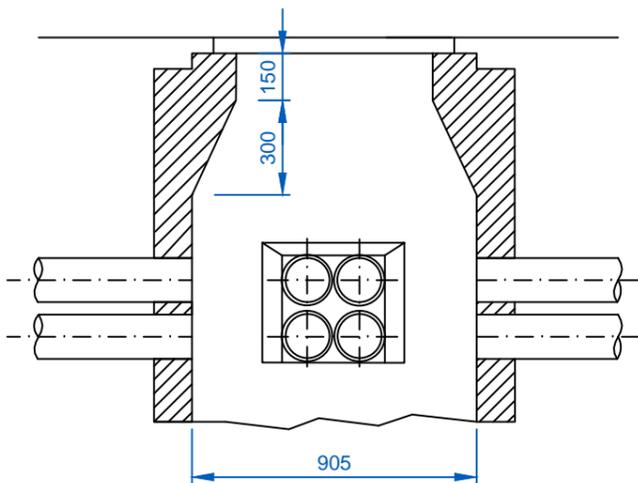
ARQUETA TIPO A-1

ARQUETA TIPO A-2

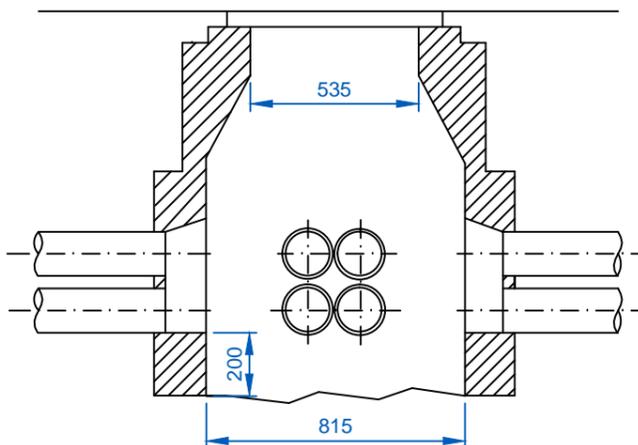
VISADO



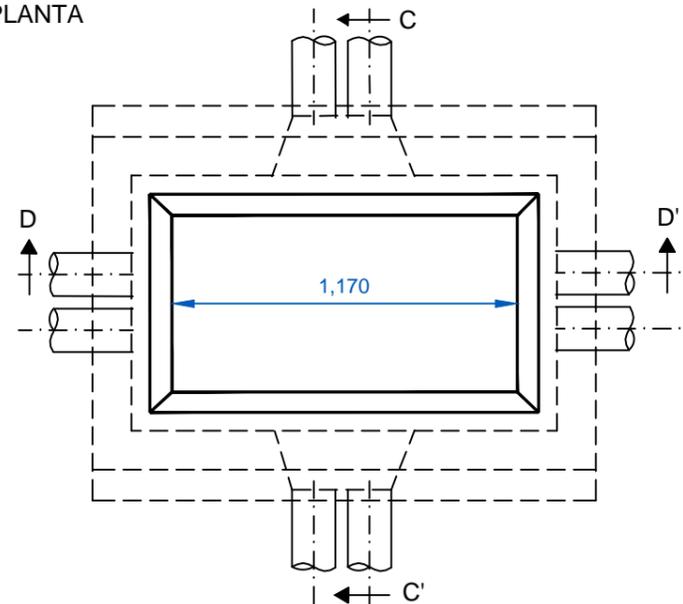
SECCION A-A'



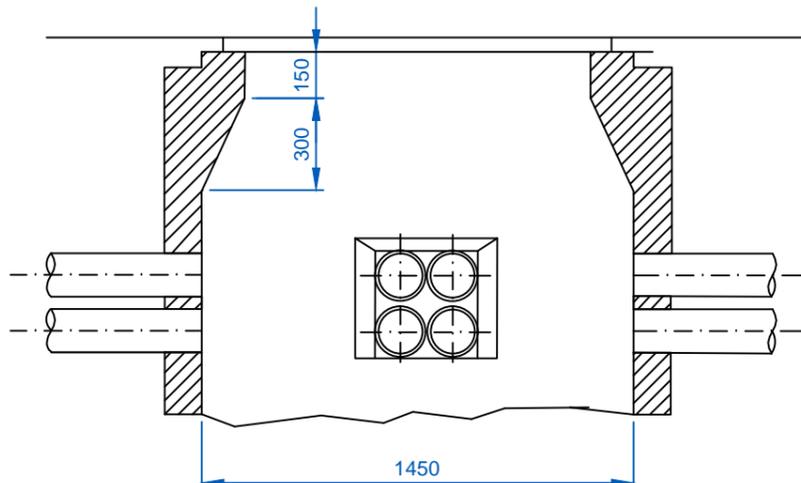
SECCION B-B'



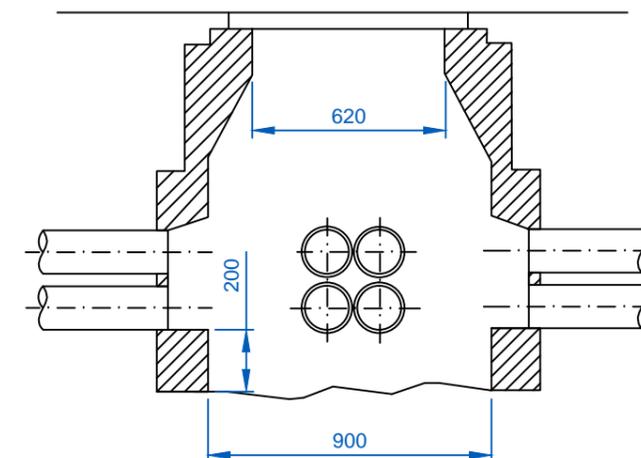
PLANTA



SECCION D-D'



SECCION C-C'



SE COLOCARÁN:

- TIPO A1: CADA 40m, COMO MÁXIMO EN CADA TRAZADO RECTO, Y EN CAMBIOS DE DIRECCIÓN.
- TIPO A2: EN LUGARES DE EMPALMES, CRUCES DE VÍAS, PASO AÉREO SUBTERRÁNEO Y CAMBIOS PRONUNCIADOS DE DIRECCIÓN.

TITULO PROYECTO

NUEVO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADO PFU-3  
Y CONEXIÓN CON LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MT "LAUREL" SUBESTACIÓN "LOSVELEZ"  
SITO EN PARAJE SERRANOS T.M VÉLEZ-RUBIO (ALMERÍA).

PLANO:

DETALLES ARQUETAS

El Ingeniero Industrial

e - distribución

FECHA:  
DICIEMBRE 2019

ESCALA:  
S/E

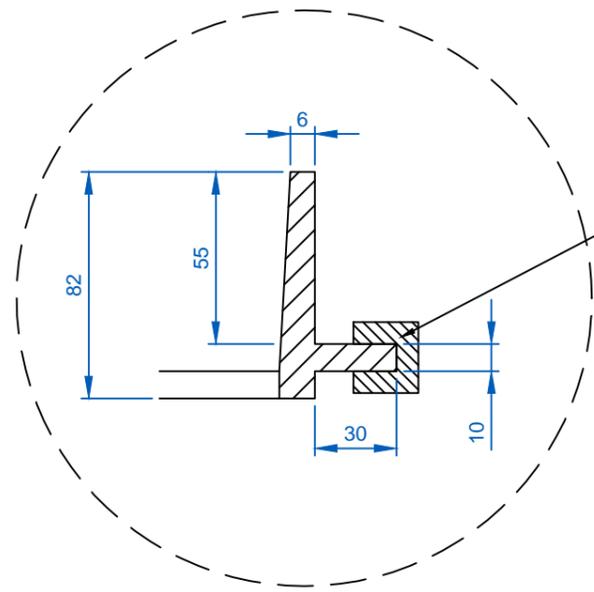
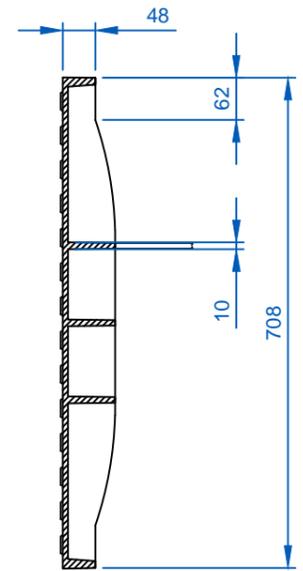
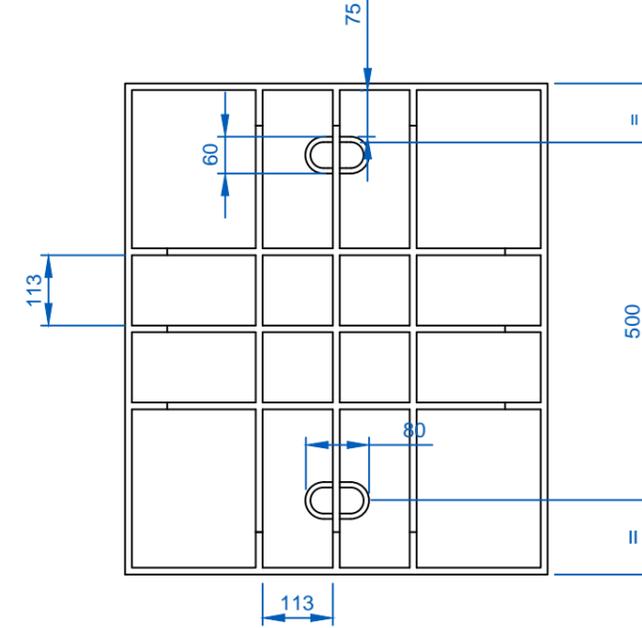
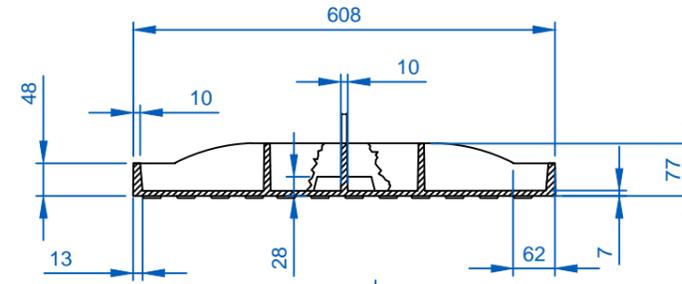
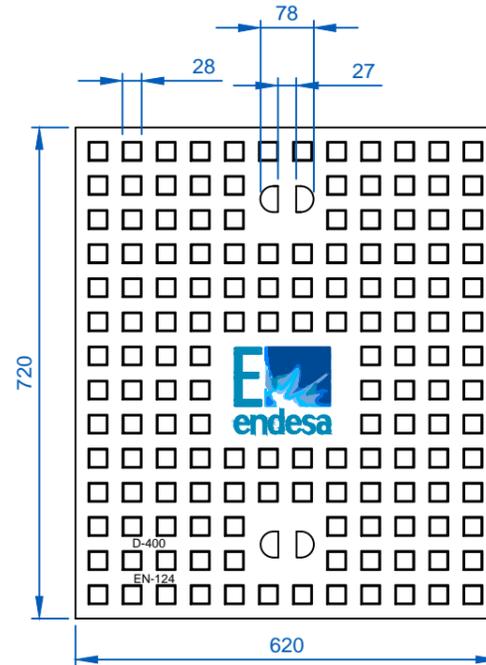
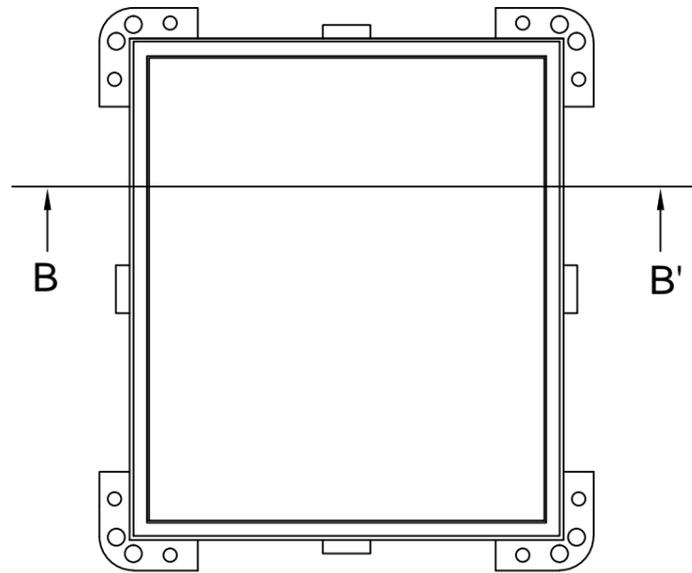
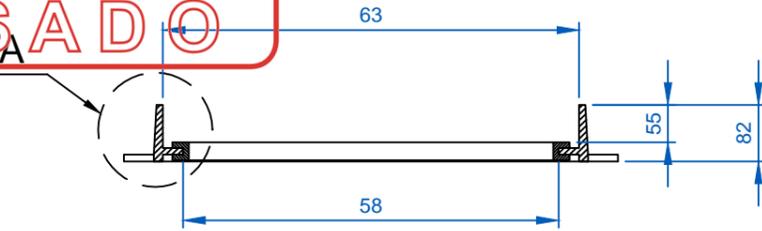
Nº PLANO:  
06

D.Alejandro Rey-Stolle Degollada  
Colegiado nº 2116 del  
Colegio Oficial de Ingenieros  
Industriales de Andalucía Oriental

TAPAS ARQUETAS

CORTE B-B'

VISADO



JUNTA DE POLIETILENO

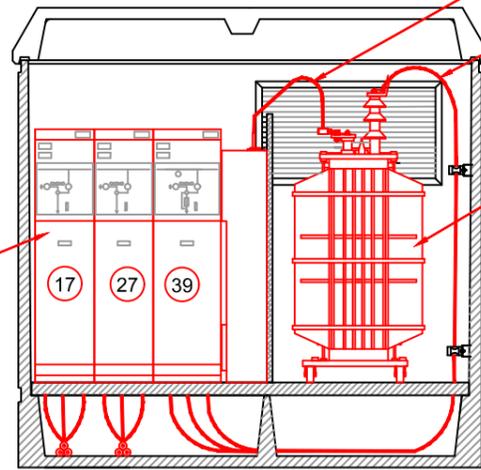
DETALLE A

<b>TITULO PROYECTO</b>				NUEVO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADO PFU-3 Y CONEXIÓN CON LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MT "LAUREL" SUBESTACIÓN "LOSVELEZ" SITO EN PARAJE SERRANOS T.M VÉLEZ-RUBIO (ALMERÍA).	
<b>PLANO:</b>		DETALLES TAPAS ARQUETAS		El Ingeniero Industrial	
	FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:	D. Alejandro Rey-Stolle Degollada Colegiado nº 2116 del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Andalucía Oriental	
	DICIEMBRE 2019	S / E	07		

VISADO



SECCIÓN A-A'



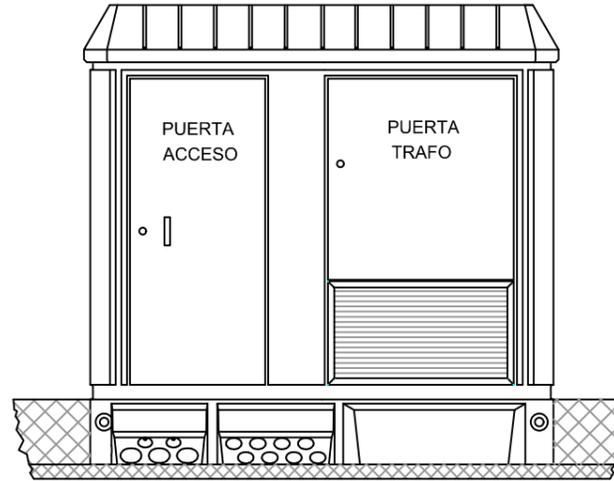
PUENTES BT  
(3x3x240mm<sup>2</sup>+2x240mm<sup>2</sup>)Al 0.6/1kV

PUENTES MT  
3x150mm<sup>2</sup> Al 18/30kV

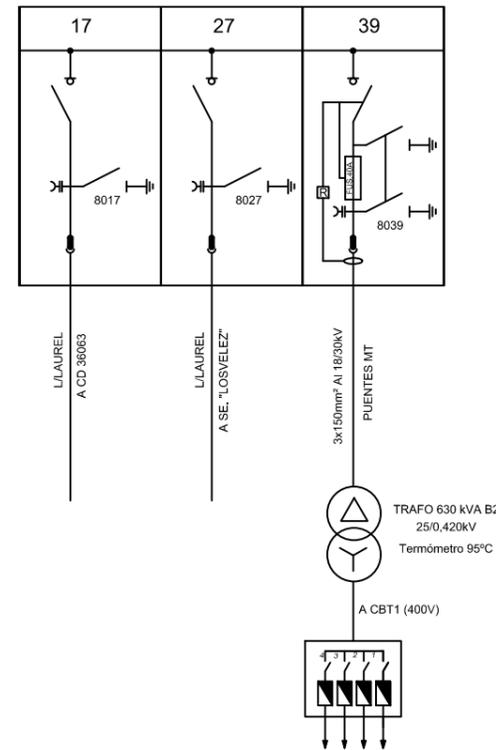
TRAFO 630kVA  
25/0,420kV

NUEVAS CELDAS CGM.3  
36kV (2L+P)

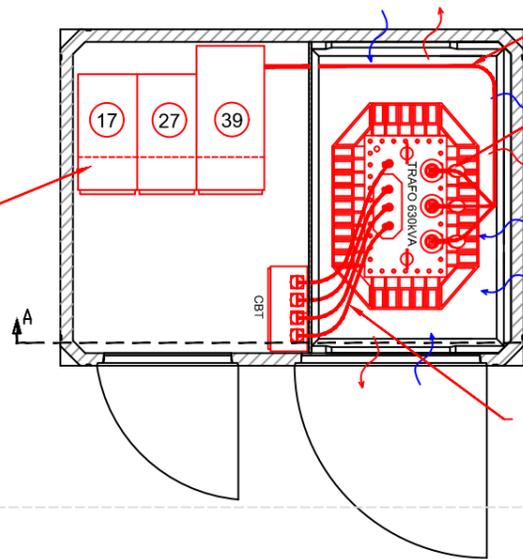
FACHADA



ESQUEMA UNIFILAR DEL CT



PLANTA



PUENTES MT  
3x150mm<sup>2</sup> Al 18/30kV

TRAFO 630kVA  
25/0,420kV

NUEVAS CELDAS CGM.3  
36kV (2L+P)

PUENTES BT  
(3x3x240mm<sup>2</sup>+2x240mm<sup>2</sup>)Al 0.6/1kV

**TITULO PROYECTO** NUEVO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADO PFU-3  
Y CONEXIÓN CON LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MT "LAUREL" SUBESTACIÓN "LOSVELEZ"  
SITO EN PARAJE SERRANOS T.M VÉLEZ-RUBIO (ALMERÍA).

**PLANO:** CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PFU-3

El Ingeniero Industrial

**e - distribución**

FECHA:  
DICIEMBRE 2019

ESCALA:  
1/50

Nº PLANO:  
**08**

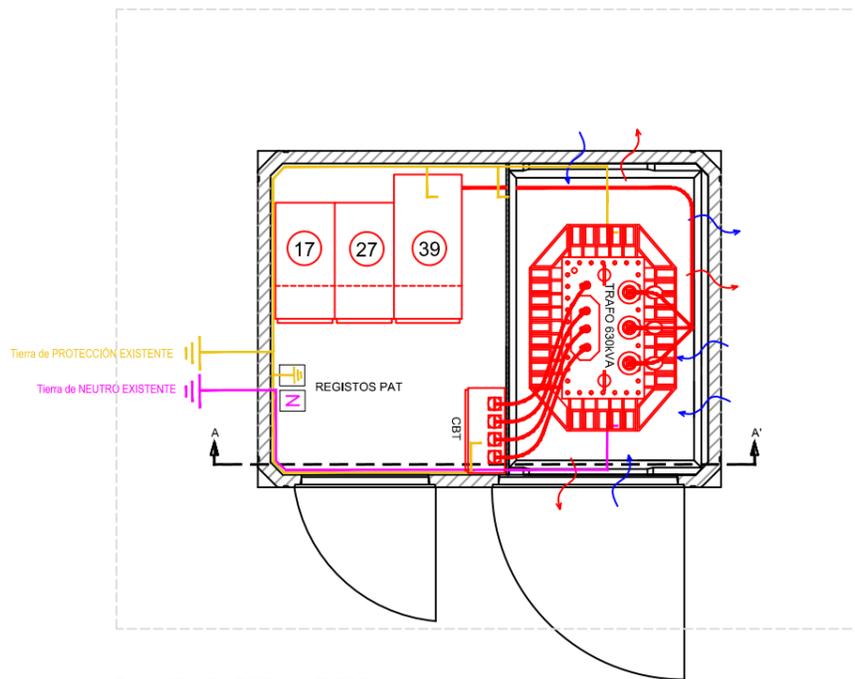
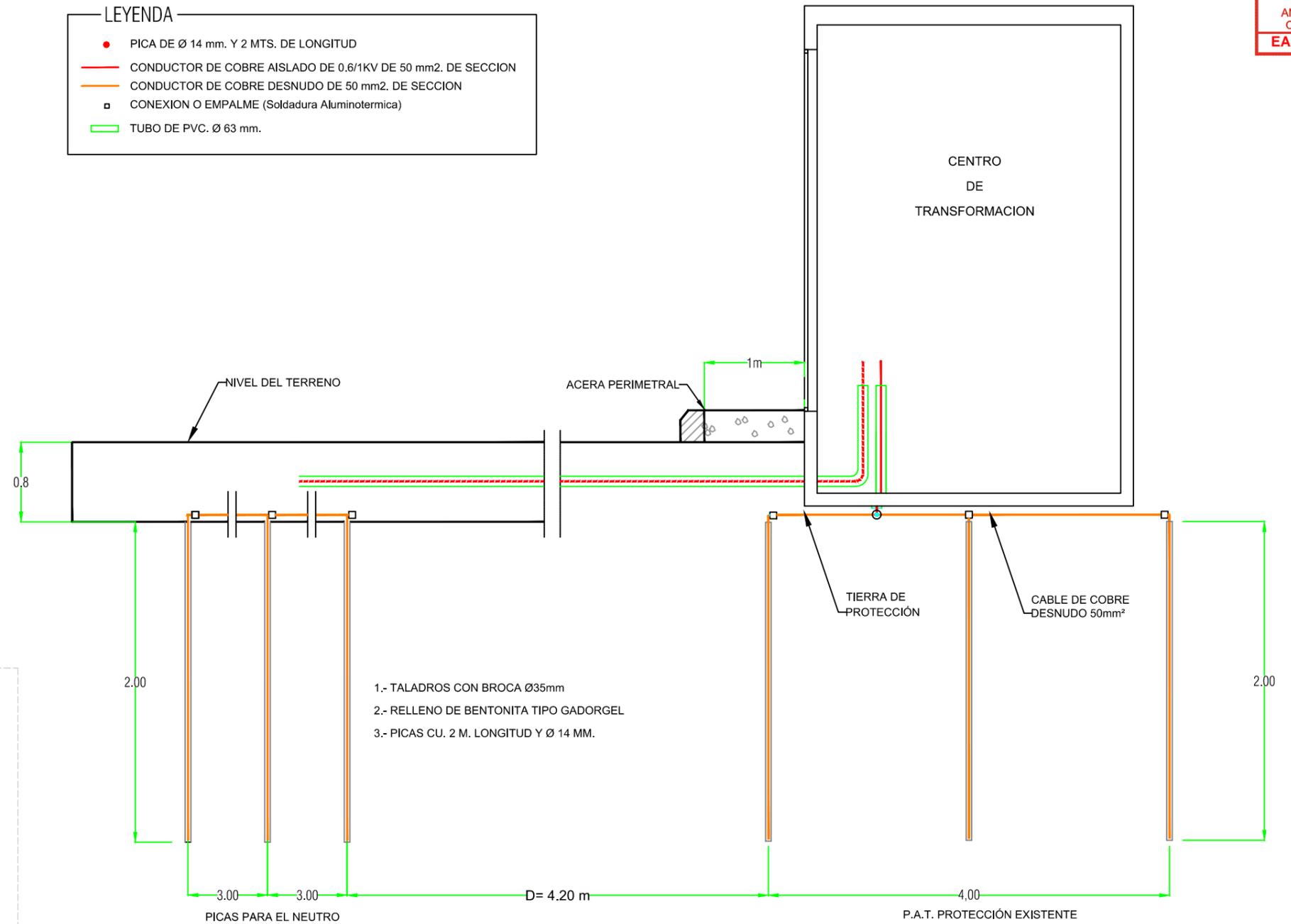
D.Alejandro Rey-Stolle Degollada  
Colegiado nº 2116 del  
Colegio Oficial de Ingenieros  
Industriales de Andalucía Oriental

VISADO



- LEYENDA
- PICA DE Ø 14 mm. Y 2 MTS. DE LONGITUD
  - CONDUCTOR DE COBRE AISLADO DE 0.6/1KV DE 50 mm2. DE SECCION
  - CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO DE 50 mm2. DE SECCION
  - CONEXION O EMPALME (Soldadura Aluminotermica)
  - ▭ TUBO DE PVC. Ø 63 mm.

SECCIÓN PUESTA A TIERRA



**TITULO PROYECTO** NUEVO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADO PFU-3  
Y CONEXIÓN CON LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MT "LAUREL" SUBESTACIÓN "LOSVELEZ"  
SITO EN PARAJE SERRANOS T.M VÉLEZ-RUBIO (ALMERÍA).

<b>PLANO:</b> PUESTA A TIERRA		<b>El Ingeniero Industrial</b>	
	<b>FECHA:</b> DICIEMBRE 2019	<b>ESCALA:</b> 1/50	<b>Nº PLANO:</b> 09
	D.Alejandro Rey-Stolle Degollada Colegiado nº 2116 del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Andalucía Oriental		

**ESQUEMA UNIFILAR DE NUEVO CT PFU3 Y NUEVA L.S.M.T (25kV) LÍNEA "LAUREL" SUB. "LOSVELEZ"**

**VISADO**

L.S.M.T (25kV) EXISTENTE "LAUREL" SUB. "LOS VELEZ"

L.A.M.T (25kV) EXISTENTE "LAUREL" SUB. "LOS VELEZ"

A901859X

**SUBESTACIÓN "LOSVELEZ"**

TRAMO L.S.M.T (25kV) "LAUREL" SUB. LOSVELEZ  
CONDUCTOR LONG: 6m  
DESMONTAR

**TRAMO DESMONTAJE S/C:**  
CONDUCTOR (3x1x240mm<sup>2</sup> Al) 18/30kV

REHACER PASO AÉREO/SUBTERRÁNEO A/S MT EXISTENTE

L.S.M.T (25kV) EXISTENTE "LAUREL" SUB. "LOS VELEZ"

L.A.M.T (25kV) EXISTENTE "LAUREL" SUB. "LOS VELEZ"

A901859X

**SUBESTACIÓN "LOSVELEZ"**

**NUEVO CT PFU3**

NUEVO TRAMO L.S.M.T (25kV) "LAUREL" SUB. "LOS VELEZ"  
COND. (3x1x240mm<sup>2</sup> Al) 18/30kV  
LONG: 32m.

NUEVO TRAMO L.S.M.T (25kV) "LAUREL" SUB. "LOS VELEZ"  
COND. (3x1x240mm<sup>2</sup> Al) 18/30kV  
LONG: 48m.

**NUEVO TRAMO S/C:**  
CONDUCTOR (3x1x240mm<sup>2</sup> Al) 18/30kV

**TITULO PROYECTO**  
NUEVO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADO PFU-3  
Y CONEXIÓN CON LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MT "LAUREL" SUBESTACIÓN "LOSVELEZ"  
SITO EN PARAJE SERRANOS T.M VÉLEZ-RUBIO (ALMERÍA).

**PLANO:** ESQUEMA UNIFILAR El Ingeniero Industrial

	FECHA: DICIEMBRE 2019	ESCALA: S/E	Nº PLANO: <b>10</b>	D. Alejandro Rey-Stolle Degollada Colegiado nº 2116 del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Andalucía Oriental

**Documento 4**  
**PLIEGO DE CONDICIONES**

## ÍNDICE PLIEGO DE CONDICIONES

<b>PLIEGO DE CONDICIONES .....</b>	<b>76</b>
<b>1 OBJETO 76</b>	
<b>2 ALCANCE76</b>	
<b>3 DISPOSICIONES LEGALES .....</b>	<b>76</b>
<b>4 CONDICIONES FACULTATIVAS LEGALES .....</b>	<b>76</b>
<b>5 SEGURIDAD EN EL TRABAJO .....</b>	<b>77</b>
<b>6 SEGURIDAD PÚBLICA .....</b>	<b>78</b>
<b>7 ORGANIZACIÓN EN EL TRABAJO .....</b>	<b>78</b>
DATOS DE LA OBRA .....	78
REPLANTEO DE LA OBRA .....	78
MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO .....	79
RECEPCIÓN DEL MATERIAL .....	79
ORGANIZACIÓN .....	79
FACILIDADES PARA LA INSPECCION .....	80
ENSAYOS .....	80
LIMPIEZA Y SEGURIDAD EN LAS OBRAS .....	80
MEDIOS AUXILIARES .....	80
<b>8 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS .....</b>	<b>80</b>
SUBCONTRATACIÓN DE LAS OBRAS .....	81
PLAZO DE EJECUCIÓN .....	81
RECEPCIÓN PROVISIONAL .....	82
PERIODOS DE GARANTÍA .....	82
RECEPCIÓN DEFINITIVA .....	82
PAGO DE LAS OBRAS .....	82
ABONO DE MATERIALES ACOPIADOS .....	83
<b>9 CARACTERÍSTICAS GENERALES Y CALIDADES DE LOS MATERIALES .....</b>	<b>83</b>
ACEPTACIÓN DE LOS EQUIPOS .....	85
<b>10 CONDICIONES TÉCNICAS DE EJECUCIÓN Y MONTAJE DE LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS DE MEDIA TENSIÓN .....</b>	<b>86</b>
EJECUCIÓN DE LA OBRA .....	86
Tendido de cables .....	88
Protección mecánica y señalización .....	90
Cierre de zanjas .....	90
Reposición de pavimentos .....	91
Empalmes y conectores .....	92

Señalización de la obra .....	92
Ensayo conductores .....	92
Recepción de obra .....	93
<b>11 CONDICIONES TÉCNICAS DE EJECUCIÓN Y MONTAJE DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN EL LOCAL SUPERFICIE.....</b>	<b>94</b>
EMPLAZAMIENTO .....	94
REPLANTEO .....	94
ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DEL EDIFICIO .....	94
CONDICIONES ACUSTICAS .....	96
PROTECCIONES CONTRA AGENTES EXTERNOS.....	96
VENTILACIÓN .....	96
CANALIZACIONES.....	96
POZO DE RECOGIDA DE ACEITE .....	97
CARPINTERÍA Y CERRAJERÍA .....	97
Cortafuegos en foso de recogida de aceites.....	98
Pantalla de protección del transformador .....	98
TRAMPILLAS Y ESCALERAS .....	98
PUESTA A TIERRA Y EQUIPOTENCIALIDAD.....	98
<b>12 EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....</b>	<b>99</b>
CELDAS DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA .....	99
TRANSFORMADOR.....	100
CUADROS DE BT .....	100
PUENTES DE AT y BT.....	100
PUESTA A TIERRA .....	101
<b>13 RECEPCIÓN DE LA OBRA.....</b>	<b>101</b>
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO .....	101
INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA .....	102
ELEMENTOS DE MANIOBRA .....	102
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN .....	102
CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD.....	102
PUESTA EN SERVICIO .....	103
SEPARACIÓN DEL SERVICIO .....	103
MANTENIMIENTO .....	103

## PLIEGO DE CONDICIONES

### 1 OBJETO

Este Pliego de Condiciones tiene por finalidad establecer los requisitos a los que se debe ajustar la ejecución de redes subterráneas de alta tensión hasta 30 kV, así como a centros de transformación Edificio Prefabricado de Superficie en Media Tensión hasta 30 kV y a redes de distribución en baja tensión, destinados a formar parte de la red de distribución de EDE y cuyas características técnicas estarán especificadas en el correspondiente Proyecto.

Este Pliego de Condiciones será de aplicación para las instalaciones construidas por EDE como para las construidas por terceros y cedidas a ella.

### 2 ALCANCE

El Pliego establece las Condiciones para el suministro, instalación, pruebas, ensayos, características y calidades de los materiales necesarios en la ejecución de las red subterráneas de alta tensión hasta 30 kV, así como a centros de transformación Edificio Prefabricado de Superficie en Media Tensión hasta 30 kV y a redes de distribución en baja tensión, con el fin de garantizar:

- La seguridad de las personas,
- El bienestar social y la protección del medio ambiente,
- La calidad en la ejecución
- La minimización del impacto medioambiental y las reclamaciones de propiedades afectadas

### 3 DISPOSICIONES LEGALES

El Contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 24042 “Contratación de Obras. Condiciones Generales”, siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

El Contratista deberá estar clasificado, según Orden del Ministerio de Hacienda, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondientes al Proyecto y que se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares, en caso de que proceda. Igualmente deberá ser Instalador, provisto del correspondiente documento de calificación empresarial.

### 4 CONDICIONES FACULTATIVAS LEGALES

Las obras del Proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se registrarán por lo especificado en:

- 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 aprueba 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 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Energía Eléctrica.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.
- 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.

## 5 SEGURIDAD EN EL TRABAJO

El Contratista está obligado a cumplir las condiciones que se indican en el apartado 4 de este Pliego de Condiciones y cuantas en esta materia fueran de pertinente aplicación.

Asimismo, deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal; los metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc., que se utilicen no deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en suelas.

El personal de la Contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, banqueta aislante, etc., pudiendo el Director de Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

## 6 SEGURIDAD PÚBLICA

El Contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El Contratista mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc., que en uno y otro pudieran incurrir para el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

## 7 ORGANIZACIÓN EN EL TRABAJO

El Contratista ordenará los trabajos en la forma más eficaz para la perfecta ejecución de los mismos y las obras se realizarán siempre siguiendo las indicaciones del Director de Obra, al amparo de las condiciones siguientes:

### DATOS DE LA OBRA

Se entregará al Contratista una copia de los planos y pliegos de condiciones del Proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la Obra.

El Contratista podrá tomar nota o sacar copia a su costa de la Memoria, Presupuesto y Anexos del Proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

El Contratista se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al Director de Obra después de su utilización.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses, después de la terminación de los trabajos, el Contratista deberá actualizar los diversos planos y documentos existentes, de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al Director de Obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el Contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones o variaciones sustanciales en los datos fijados en el Proyecto, salvo aprobación previa por escrito del Director de Obra.

### REPLANTEO DE LA OBRA

El Director de Obra, una vez que el Contratista esté en posesión del Proyecto y antes de comenzar las obras, deberá hacer el replanteo de las mismas, con especial atención en los puntos singulares, entregando al Contratista las referencias y datos necesarios para fijar completamente la ubicación de los mismos.

Se levantará por duplicado Acta, en la que constarán, claramente, los datos entregados, firmado por el Director de Obra y por el representante del Contratista.

Los gastos de replanteo serán de cuenta del Contratista.

## MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO

No se considerarán como mejoras ni variaciones del Proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por escrito por el Director de Obra y convenido precio antes de proceder a su ejecución.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del Contratista.

## RECEPCIÓN DEL MATERIAL

El Director de Obra de acuerdo con el Contratista dará a su debido tiempo su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta.

La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del Contratista.

## ORGANIZACIÓN

El Contratista actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades correspondientes y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente están establecidas, y en general, a todo cuanto se legisle, decrete u ordene sobre el particular antes o durante la ejecución de la obra.

Dentro de lo estipulado en el Pliego de Condiciones, la organización de la Obra, así como la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo del Contratista a quien corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes.

El Contratista deberá, sin embargo, informar al Director de Obra de todos los planes de organización técnica de la Obra, así como de la procedencia de los materiales y cumplimentar cuantas órdenes le de éste en relación con datos extremos.

En las obras por administración, el Contratista deberá dar cuenta diaria al Director de Obra de la admisión de personal, compra de materiales, adquisición o alquiler de elementos auxiliares y cuantos gastos haya de efectuar. Para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares, cuyos salarios, precios o cuotas sobrepasen en más de un 5% de los normales en el mercado, solicitará la aprobación previa del Director de Obra, quien deberá responder dentro de los ocho días siguientes a la petición, salvo casos de reconocida urgencia, en los que se dará cuenta posteriormente.

## FACILIDADES PARA LA INSPECCION

El Contratista proporcionará al Director de Obra o Delegados y colaboradores, toda clase de facilidades para los replanteos, reconocimientos, mediciones y pruebas de los materiales, así como la mano de obra necesaria para los trabajos que tengan por objeto comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas, permitiendo el acceso a todas las partes de la obra e incluso a los talleres o fábricas donde se produzcan los materiales o se realicen trabajos para las obras.

## ENSAYOS

Los ensayos, análisis y pruebas que deban realizarse para comprobar si los materiales reúnen las condiciones exigibles, se verificarán por la Dirección Técnica, o bien, si ésta lo estima oportuno, por el correspondiente Laboratorio Oficial.

Todos los gastos de pruebas y análisis serán de cuenta del Contratista.

## LIMPIEZA Y SEGURIDAD EN LAS OBRAS

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus inmediaciones de escombros y materiales, y hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean precisas, así como adoptar las medidas y ejecutar los trabajos necesarios para que las obras ofrezcan un buen aspecto a juicio de la Dirección técnica.

Se tomarán las medidas oportunas de tal modo que durante la ejecución de las obras se ofrezca seguridad absoluta, en evitación de accidentes que puedan ocurrir por deficiencia en esta clase de precauciones; durante la noche estarán los puntos de trabajo perfectamente alumbrados y cercados los que por su índole fueran peligrosos.

## MEDIOS AUXILIARES

No se abonarán en concepto de medios auxiliares más cantidades que las que figuren explícitamente consignadas en presupuesto, entendiéndose que en todos los demás casos el costo de dichos medios está incluido en los correspondientes precios del presupuesto.

## 8 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Las obras se ejecutarán conforme al Proyecto y a las condiciones contenidas en este Pliego de Condiciones y en el Pliego Particular si lo hubiera y de acuerdo con las especificaciones señaladas en el de Condiciones Técnicas.

El Contratista, salvo aprobación por escrito del Director de Obra, no podrá hacer ninguna alteración o modificación de cualquier naturaleza tanto en la ejecución de la obra en relación con el Proyecto como en las Condiciones Técnicas especificadas, sin perjuicio de lo que en cada

momento pueda ordenarse por el Director de Obra a tenor de lo dispuesto en el último párrafo del apartado 0.

El Contratista no podrá utilizar en los trabajos personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo lo indicado en el apartado 0.

Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo.

El Contratista deberá tener al frente de los trabajos un técnico suficientemente especializado a juicio del Director de Obra.

## SUBCONTRATACIÓN DE LAS OBRAS

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que de su naturaleza y condiciones se deduzca que la Obra ha de ser ejecutada directamente por el adjudicatario, podrá éste concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra.

La celebración de los subcontratos estará sometida al cumplimiento de los siguientes requisitos:

- Que se dé conocimiento por escrito al Director de Obra del subcontrato a celebrar, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas, a fin de que aquél lo autorice previamente.
- Que las unidades de obra que el adjudicatario contrate con terceros no exceda del 50% del presupuesto total de la obra principal.

En cualquier caso el Contratista no quedará vinculado en absoluto ni reconocerá ninguna obligación contractual entre él y el subcontratista y cualquier subcontratación de obras no eximirá al Contratista de ninguna de sus obligaciones respecto al Contratante.

## PLAZO DE EJECUCIÓN

Los plazos de ejecución, total y parciales, indicados en el contrato, se empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo.

El Contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalen en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables.

No obstante lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser objeto de modificaciones cuando así resulte por cambios determinados por el Director de Obra debidos a exigencias de la realización de las obras y siempre que tales cambios influyan realmente en los plazos señalados en el contrato.

Si por cualquier causa, ajena por completo al Contratista, no fuera posible empezar los trabajos en la fecha prevista o tuvieran que ser suspendidos una vez empezados, se concederá por el Director de Obra, la prórroga estrictamente necesaria.

## RECEPCIÓN PROVISIONAL

Una vez terminadas las obras y a los quince días siguientes a la petición del Contratista se hará la recepción provisional de las mismas por el Contratante, requiriendo para ello la presencia del Director de Obra y del representante del Contratista, levantándose la correspondiente Acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si este es el caso. Dicho Acta será firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista, dándose la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con las especificaciones dadas en el Pliego de Condiciones Técnicas y en el Proyecto correspondiente, comenzándose entonces a contar el plazo de garantía.

En el caso de no hallarse la Obra en estado de ser recibida, se hará constar así en el Acta y se darán al Contratista las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución. Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento. Las obras de reparación serán por cuenta y a cargo del Contratista. Si el Contratista no cumpliera estas prescripciones podrá declararse rescindido el contrato con pérdida de la fianza.

La forma de recepción se indica en el Pliego de Condiciones Técnicas correspondiente.

## PERIODOS DE GARANTÍA

El periodo de garantía será el señalado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de Recepción.

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista es responsable de la conservación de la Obra, siendo de su cuenta y cargo las reparaciones por defectos de ejecución o mala calidad de los materiales.

Durante este periodo, el Contratista garantizará al Contratante contra toda reclamación de terceros, fundada en causa y por ocasión de la ejecución de la Obra.

## RECEPCIÓN DEFINITIVA

Al terminar el plazo de garantía señalado en el contrato o en su defecto a los seis meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras, con la concurrencia del Director de Obra y del representante del Contratista levantándose el Acta correspondiente, por duplicado (si las obras son conformes), que quedará firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista y ratificada por el Contratante y el Contratista.

## PAGO DE LAS OBRAS

El pago de obras realizadas se hará sobre Certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas Certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran. La relación valorada que figure en las Certificaciones, se hará con arreglo a los precios establecidos, reducidos en un 10% y con la cubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación.

Serán de cuenta del Contratista las operaciones necesarias para medir unidades ocultas o enterradas, si no se ha advertido al Director de Obra oportunamente para su medición, los gastos de replanteo, inspección y liquidación de las mismas, con arreglo a las disposiciones vigentes, y los gastos que se originen por inspección y vigilancia facultativa, cuando la Dirección Técnica estime preciso establecerla.

La comprobación, aceptación o reparos deberán quedar terminadas por ambas partes en un plazo máximo de quince días.

El Director de Obra expedirá las Certificaciones de las obras ejecutadas que tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, rectificables por la liquidación definitiva o por cualquiera de las Certificaciones siguientes, no suponiendo por otra parte, aprobación ni recepción de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas Certificaciones.

### **ABONO DE MATERIALES ACOPIADOS**

Cuando a juicio del Director de Obra no haya peligro de que desaparezca o se deterioren los materiales acopiados y reconocidos como útiles, se abonarán con arreglo a los precios descompuestos de la adjudicación. Dicho material será indicado por el Director de Obra que lo reflejará en el Acta de recepción de Obra, señalando el plazo de entrega en los lugares previamente indicados. El Contratista será responsable de los daños que se produzcan en la carga, transporte y descarga de este material.

La restitución de las bobinas vacías se hará en el plazo de un mes, una vez que se haya instalado el cable que contenían. En caso de retraso en su restitución, deterioro o pérdida, el Contratista se hará también cargo de los gastos suplementarios que puedan resultar.

## **9 CARACTERÍSTICAS GENERALES Y CALIDADES DE LOS MATERIALES**

Los materiales cumplirán con las especificaciones de las Normas UNE que les correspondan, con las Recomendaciones UNESA, y con las normas de Endesa Distribución, aparte de lo que al respecto establezca el presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares y la reglamentación vigente.

Se realizarán cuantos ensayos y análisis indique la Dirección de Obra, aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones Técnicas Particulares.

No se podrán emplear materiales que no hayan sido aceptados previamente por la Dirección de Obra.

Genéricamente la instalación contará con los elementos que se detallan a continuación, cada uno con su Norma EDE de referencia

Protecciones:

- FGC001 Guía técnica del sistema de protecciones en la red MT

- AND007 Cortacircuitos fusibles de expulsión. Seccionadores hasta 36 kV.
- AND015 Pararrayos de óxidos metálicos sin explosores para redes de MT hasta 36 kV.

#### Transformadores:

- FND005 Transformadores trifásicos tipo seco para distribución en Baja Tensión.
- GST001 MV/LV Transformers

#### Envolventes:

- FNH001 Centros de transformación prefabricados de hormigón tipo superficie.

#### Cuadros de BT

- FNL002 Cuadro de distribución en BT con conexión de Grupo para CT
- >NNL012 Bases tripolares verticales cerradas para fusibles de baja tensión del tipo cuchilla con dispositivo extintor de arco.

#### Sistema de Telemando:

- GSTR001 Remote Terminal Unit for secondary substations
- GSCB001 12V VRLA ACCUMULATORS FOR POWERING REMOTE-CONTROL DEVICE OF SECONDARY SUBSTATIONS
- GSCL001 ELECTRICAL CONTROL PANEL AUXILIARY SERVICES OF SECONDARY SUBSTATIONS"

#### Aparamenta MT

- GSM001 MV RMU with Switch-Disconnecter
- GSM003 MV Pole Mounted Switch-Disconnectors
- AND005 Seccionadores Unipolares para LAAT hasta 36 kV

#### Conductores MT

- DND001 Cables aislados para redes aéreas y subterráneas de Media Tensión hasta 30 kV"
- GSCC005 12/20(24) kV AND 18/30(36) kV COLD SHRINK TERMINATIONS FOR MV CABLES
- GSC006 12/20(24) kV AND 18/30(36) kV SEPARABLE CONNECTORS FOR MV CABLES".
- GSC002 Technical specification of low voltage cables with rated voltage  $U_0 / U$  (Um) 0,6/1,0 (1,2) Kv

#### Otras:

- NZZ009 Mapas de contaminación salina e industrial

Las tipologías de materiales a utilizar, sus especificaciones técnicas, el cumplimiento de las normativas y los ensayos realizados para cada material se describen en las Normas EDE referidas.

## ACEPTACIÓN DE LOS EQUIPOS

El Director de Obra velará porque todos los materiales, productos, sistemas y equipos que formen parte de la instalación eléctrica estén homologados por ENDESA y sean de marcas de calidad (UNE, EN, CEI, CE, AENOR, etc.), y dispongan de la documentación que acredite que sus características mecánicas y eléctricas se ajustan a la normativa vigente, así como de los certificados de conformidad con las normas UNE, EN, CEI, CE u otras que le sean exigibles por normativa o por prescripción del proyectista y por lo especificado en el presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares.

El Director de Obra asimismo podrá exigir muestras de los materiales a emplear y sus certificados de calidad, ensayos y pruebas de laboratorios, rechazando, retirando, desmontando o reemplazando dentro de cualquiera de las etapas de la instalación los productos, elementos o dispositivos que a su parecer perjudiquen en cualquier grado el aspecto, seguridad o calidad de ejecución de la obra.

Los ensayos, análisis y pruebas que deban realizarse para comprobar si los materiales reúnen las condiciones exigibles se verificarán por el Director de Obra, o bien, si éste lo estima oportuno, por el correspondiente Laboratorio Oficial.

El resultado satisfactorio de la recepción quedará reflejado en el "Acta de Recepción de Materiales" en cuyo documento estarán detallados los materiales que se van a instalar y que será debidamente cumplimentada por el Contratista y el Director de Obra.

El Contratista se ocupará de recibir, descargar y comprobar el material procedente de los fabricantes y talleres, efectuando su control de calidad, consistente en separar piezas dobladas, fuera de medida, con rebabas o mal galvanizadas, etc., con el fin de que pueda proceder a su reposición.

La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta de Contratista. En particular, cuidará de que en las operaciones de carga, transporte, manipulación y descarga, los materiales no sufran deterioros, evitando golpes, roces o daños, siendo responsable de cuantas incidencias ocurran a los mismos.

Bajo ningún concepto se podrán utilizar los materiales a instalar como elementos auxiliares tales como palancas o arriostramientos.

Queda prohibido el empleo del volquete en la descarga del material.

los ensayos realizados para cada material se describen en las Normas EDE referidas.

## 10 CONDICIONES TÉCNICAS DE EJECUCIÓN Y MONTAJE DE LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS DE MEDIA TENSIÓN

### EJECUCIÓN DE LA OBRA

#### **Trazado**

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán en el pavimento las zonas donde se vayan a abrir las zanjas, señalando tanto su anchura como su longitud y las zonas donde se dejen puentes o llaves para la contención del terreno. Si se conocen las acometidas de otros servicios a las fincas construidas, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones necesarias.

Se realizará la señalización de los trabajos de acuerdo con la normativa vigente y se determinarán las protecciones precisas tanto de la zanja como de los pasos que sean necesarios para los accesos a los portales, comercios, garajes, etc., así como las chapas de hierro que hayan de colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos y personal.

Al marcar el trazado de las zanjas, se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en las curvas según a la sección del conductor o conductores que se vayan a canalizar

#### **Demolición de pavimentos**

Se efectuará con medios manuales o mecánicos, trasladando a vertedero autorizado los cascotes y tierras sobrantes.

Para dar cumplimiento a la normativa sobre emisiones de ruido en la vía pública, las herramientas neumáticas que hayan de utilizarse, así como los compresores, serán del tipo insonorizados.

Cuando se trate de calzadas con mortero asfáltico u hormigón en masa se efectuara previamente un corte rectilíneo de una anchura 5-10 cm superior a la anchura de la zanja tipo.

#### **Apertura de zanjas**

Antes del inicio de la obra se obtendrá de las Empresas de Servicios la afectación que la traza indicada en el plano de obra tiene sobre sus instalaciones. Será responsabilidad de la Empresa que ejecuta los trabajos, cualquier daño ocasionado a terceros.

Se iniciará la obra efectuando catas de prueba con objeto de comprobar los servicios existentes y determinar la mejor ubicación para el tendido.

Al marcar el trazado de zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo de curvatura que hay que respetar en los cambios de dirección.

Las paredes de las zanjas serán verticales hasta la profundidad escogida, colocándose entibaciones en los casos en que la naturaleza del terreno lo haga preciso.

En el caso de que exista o se prevea la instalación de nuevos servicios y estos comprometan la seguridad del tendido de la red subterránea de MT, se aumentará la profundidad de la zanja de acuerdo con el técnico encargado de la obra designado por EDE

Se procurará dejar un espacio mínimo de 50 cm entre la zanja y las tierras extraídas, con el fin de facilitar la circulación del personal de la obra y evitar la caída de tierras en la zanja.

Se deberán tomar las precauciones precisas para no tapar con tierra los registros de gas, teléfono, bocas de riego, alcantarillas, etc.

Si existen árboles en las inmediaciones de la ubicación de la canalización, se definirán con el servicio de conservación de parques y jardines del Ayuntamiento, o con el Organismo que corresponda las distancias a mantener.

Durante la ejecución de los trabajos en la vía pública, se dejarán los pasos suficientes para vehículos y peatones, así como los accesos a los edificios, comercios y garajes. Si es necesario interrumpir la circulación, se precisará una autorización especial del Organismo competente

En el caso de construcción de nuevos tubulares para cruces, se procederá a la realización de las mismas por carriles de circulación, abriendo y tapando sucesivamente hasta el último en que se colocarán los tubos, se hormigonarán y se continuará con los tramos anteriores.

Cuando la naturaleza del tráfico rodado permita la colocación de planchas de hierro adecuadas, no se tapaná la zanja abierta, teniendo la precaución de fijarlas sobre el piso mediante elementos apropiados.

Las dimensiones mínimas de las zanjas serán las indicadas en el proyecto.

El fondo de la zanja deberá estar en terreno firme para evitar corrimientos en profundidad que pudieran someter a los cables a esfuerzos por estiramiento.

## **Canalizaciones**

Las zanjas a construir deberán ser paralelas a la línea de bordillo a una distancia tal que permita salvar los albañales de recogida de aguas y futuras construcciones de éstos.

En el caso de tubulares directamente enterrados estos se instalarán sobre un lecho de arena y posteriormente serán cubiertos también con arena. Las dimensiones serán las indicadas en el proyecto.

En los casos de dificultad en el acopio de arena el técnico encargado de la obra podrá autorizar el cambio por otro material de similares características.

Para tubos en dado de hormigón las embocaduras se dispondrán para que eviten la posibilidad de rozamientos internos contra los bordes durante el tendido. Además se ensamblarán teniendo en cuenta el sentido de tiro de los cables.

Previamente a la instalación del tubo, el fondo de la zanja se cubrirá con una lechada de hormigón HNE-15/B/20 de 6 cm de espesor.

El bloqueo de los tubos se llevará a cabo con hormigón de resistencia HNE-15/B/20 cuando provenga de planta o con una dosificación del cemento de 200 kg/m<sup>3</sup> cuando se realice a pié de

obra, evitando que la lechada se introduzca en el interior de los tubos por los ensamblajes. Para permitir el paso del hormigón se utilizarán separadores de tubos.

Terminada la tubular, se procederá a su limpieza interior.

El hormigón de la tubular no debe llegar hasta el pavimento de rodadura, pues facilita la transmisión de vibraciones. Cuando sea inevitable, debe intercalarse una capa de tierra o arena que actúe de amortiguador.

Los tubos quedarán sellados con espumas expandibles impermeables, yeso o mortero ignífugo.

Cuando en una zanja coincidan cables de distintas tensiones, se situarán a distinta profundidad los tubos previstos para la MT y para la BT.

En tramos largos se evitará la posible acumulación de agua o de gas a lo largo de la canalización situando convenientemente pozos de escape en relación al perfil altimétrico.

## **Transporte, almacenamiento y acopio de los materiales a pie de obra**

El transporte y manipulación de los materiales se realizará de forma que no se produzcan deformaciones permanentes y evitando que sufran golpes, roces o daños que puedan deteriorarlos. Se prohíbe el uso de cadenas o estribos metálicos no protegidos.

En el acopio no se permitirá el contacto del material con el terreno utilizando para ello tacos de madera o un embalaje adecuado.

Las bobinas se transportarán siempre de pie. Para su carga y descarga deberán embragarse las bobinas mediante un eje o barra de acero alojado en el orificio central. La braga o estrobo no deberá ceñirse contra la bobina al quedar ésta suspendida, para lo cual se dispondrá de un separador de los cables de acero. No se podrá dejar caer la bobina al suelo, desde la plataforma del camión, aunque este esté cubierto de arena.

Los desplazamientos de la bobina por tierra se harán girándola en el sentido de rotación que viene indicado en ella por una flecha, para evitar que se afloje el cable enrollado en la misma.

Cuando deba almacenarse una bobina en la que se ha utilizado parte del cable que contenía, se sellarán los extremos de los cables mediante capuchones termorretráctiles o cintas autovulcanizables para impedir los efectos de la humedad. Las bobinas no se almacenarán sobre un suelo blando.

## **Tendido de cables**

### **Emplazamiento de las bobinas para el tendido**

La bobina del cable se colocará en el lugar elegido de forma que la salida del mismo se efectúe por su parte superior, y emplazada de tal forma que el cable no quede forzado al tomar la alineación del tendido.

Los elementos de elevación necesarios para las bobinas son gatos mecánicos y una barra de dimensiones convenientes, alojada en el orificio central de la bobina. La base de los gatos será suficientemente amplia para que garantice la estabilidad de la bobina durante su rotación.

La elevación de ésta respecto al suelo es deben ser de unos 10 ó 15 cm como mínimo.

Al retirar las duelas de protección, se cuidará hacerlo de forma que ni ellas ni el elemento empleado para desclavarlas pueda dañar el cable.

## **Ejecución del tendido**

Cuando la temperatura ambiente sea inferior a cero grados centígrados, no se permitirá el tendido del cable, debido a la rigidez que toma el aislamiento.

En todo momento, las puntas de los cables deberán estar selladas mediante capuchones termorretráctiles o cintas autovulcanizables para impedir los efectos de la humedad y asegurar la estanquidad de los conductores.

Los cables deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc., y teniendo en cuenta que el radio de curvatura del cable debe ser superior a 20 veces su diámetro durante su tendido y a 15 veces su diámetro una vez instalado. En ningún caso, el radio de curvatura del cable no debe ser inferior a los valores indicados en las normas UNE correspondientes, relativas a cada tipo de cable.

El deslizamiento del cable se favorecerá con la colocación de rodillos preparados al efecto; estos rodillos permitirán un fácil rodamiento con el fin de limitar el esfuerzo de tiro, dispondrán de una base apropiada que, con o sin anclaje, impidan que se vuelquen, y una garganta por la que discurra el cable para evitar su salida o caída.

Esta colocación, será especialmente estudiada en los puntos del recorrido en que haya cambios de dirección, donde además de los rodillos que faciliten el deslizamiento, deben disponerse otros verticalmente, para evitar el ceñido del cable contra el borde de la canalización en el cambio de sentido. Igualmente debe vigilarse en las embocaduras de los tubulares donde deben colocarse protecciones adecuadas.

Para evitar el roce del cable contra el suelo a la salida de la bobina, es recomendable la colocación de un rodillo de mayor anchura para abarcar las distintas posiciones que adopta el cable.

En general el tendido de los conductores se realizará mediante dispositivos mecánicos (cabestrante o máquina de tiro y máquina de frenado). Sólo en líneas de pequeña entidad se permitirá el tendido manual y, en cualquier caso, será obligatorio el uso de cables piloto.

Las máquinas de tiro estarán accionadas por un motor autónomo, dispondrán de rebobinadora para los cables piloto y de un dispositivo de parada automática.

Las máquinas de frenado dispondrán de dos tambores en serie con acanaladuras para permitir el enrollamiento en espiral del conductor (de aluminio, plástico, neopreno...), cuyo diámetro no sea inferior a 60 veces el del conductor que se vaya a tender.

Los cables piloto para el tendido serán flexibles, antigiratorios y estarán dimensionados teniendo en cuenta los esfuerzos de tendido y los coeficientes de seguridad correspondientes para cada tipo de conductor. Se unirán al conductor mediante manguitos de rotación para impedir la torsión.

Para permitir la fijación del cable a la cuerda piloto del tren de tendido la guía del extremo se colocará una mordaza tiracables a la que se sujetará la cuerda piloto.

Estas mordazas, consisten en un disco taladrado por donde se pasan los conductores sujetándolos con manguitos mediante tornillos. El conjunto queda protegido por una envolvente, (el disco antes citado va roscado a éste interiormente) que es donde se sujeta el fiador para el tiro.

La tracción para el tendido de los conductores será, como mínimo, la necesaria para que venciendo la resistencia de la máquina de freno puedan desplegarse los conductores. Deberá mantenerse constante durante el tendido de todos los conductores de la serie y no será superior a 3 kg/mm<sup>2</sup> para cables unipolares de aluminio según UNE 211620.

Una vez definida la tracción máxima para un conductor, se colocará en ese punto el disparo del dinamómetro de la máquina de tiro.

Durante el tendido será necesaria la utilización de dispositivos para medir el esfuerzo de tracción de los conductores en los extremos del tramo cabrestante y freno. El del cabrestante habrá de ser de máxima y mínima con dispositivo de parada automática cuando se produzcan elevaciones o disminuciones anormales de las tracciones de tendido.

Cuando los cables que se canalicen vayan a ser empalmados, se solaparán en la longitud indicada en el proyecto o en su defecto por el técnico encargado de obra.

Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios; se tomarán todas las precauciones para no dañarlas. Si involuntariamente se causa alguna avería en dichos servicios, al terminar el trabajo, las instalaciones averiadas deberán dejarse en las mismas condiciones que se encontraban primitivamente.

No se pasarán por un mismo tubo más de una terna de cables unipolares.

Los extremos de los tubulares deberán quedar sellados.

## Protección mecánica y señalización

El cable se protegerá mecánicamente mediante placa de polietileno normalizada, según se indica en los planos correspondientes y solamente para cable en tubo directamente enterrado.

Adicionalmente, todo conjunto de cables deberá estar señalado por una cinta de atención colocada a la distancia indicada en el correspondiente plano.

## Cierre de zanjas

En tubo directamente enterrado, en el fondo de la zanja se extenderá una capa de arena de río de un espesor de 5 cm sobre la que se depositará el tubo a instalar, que se cubrirá con otra capa de

arena de idénticas características hasta la altura indicada en el proyecto; sobre esta se colocará como protección mecánica placas de plástico sin halógenos (PE) según especificación técnica EDE correspondiente, colocadas longitudinalmente al sentido del tendido del cable.

En todos los casos, incluido el tubo hormigonado, a continuación se extenderá otra capa, con tierra procedente de la excavación, de 20 cm de espesor, apisonada por medios manuales. Esta capa de tierra estará exenta de piedras o cascotes, en general serán tierras nuevas. A continuación, se rellenará la zanja con tierra apta para compactar por capas sucesivas de 15 cm de espesor, debiendo utilizar para su apisonado y compactación medios mecánicos, con el fin de que el terreno quede suficientemente consolidado. En la compactación del relleno debe alcanzar una densidad mínima del 95% sobre el próctor modificado. Se instalará la cinta de señalización que servirá para indicar la presencia de los cables durante eventuales trabajos de excavación según indican los planos del proyecto

La arena que se utilice para la protección de los cables será limpia, suelta y áspera, exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, para lo cual se tamizará o lavará convenientemente si fuera necesario. Siempre se empleará arena de río y las dimensiones de los granos serán de 0,2 a 1 mm. En los casos de dificultad en el acopio de arena el técnico encargado de la obra podrá autorizar el cambio por otro material de similares características.

En las zonas donde se requiera efectuar reposición de pavimentos, se rellenará hasta la altura conveniente que permita la colocación de éstos.

Finalmente se reconstruirá el pavimento, si lo hubiera, del mismo tipo y calidad del existente antes de realizar la apertura.

El contratista será responsable de los hundimientos que se produzcan por la deficiente realización de esta operación y, por lo tanto, serán de su cuenta las posteriores reparaciones que tengan que ejecutarse durante el tiempo de garantía exigido.

Será necesario presentar a EDE los resultados de los diferentes ensayos de laboratorio realizados durante la ejecución de las obras, y muy especialmente los referentes a compactaciones de las distintas tongadas de relleno ejecutadas.

Si en la excavación de las zanjas, los materiales retirados no reúnen las condiciones necesarias para su empleo como material de relleno con las garantías adecuadas, por contener escombros o productos de desecho, se sustituirán por otros que resulten aceptables para aquella finalidad. En cualquier caso se atenderá a lo que establezca la Administración competente en sus Ordenanzas o en la licencia de obras (acopio obligatorio de nuevas, etc.).

### **Reposición de pavimentos**

La reposición de pavimento, tanto de las calzadas como de aceras, se realizará en condiciones técnicas de plena garantía, recortándose su superficie de forma uniforme y extendiendo su alcance a las zonas limítrofes de las zanjas que pudieran haber sido afectadas por la ejecución de aquellas.

El pavimento se repondrá utilizando el mismo acabado previamente existente, salvo variación aceptada expresamente por EDE, y/u Organismos Oficiales competentes.

En los casos de aceras de losetas, éstas se repondrán por unidades completas, no siendo admisible la reposición mediante trozos de baldosas.

En los casos de aceras de aglomerado asfáltico en las que la anchura de las zanjas sea superior al 50% de la anchura de aquéllas, la reposición del pavimento deberá extenderse a la totalidad de la acera.

## Empalmes y conectores

Para la confección de empalmes y conectores se seguirán los procedimientos establecidos por los fabricantes aceptados por EDE. Deben realizarse en tramos rectos del cable.

Los operarios que realicen los empalmes y terminaciones, conocerán y dispondrán de la documentación necesaria para su ejecución prestando especial atención en los siguientes aspectos:

- Dimensiones del pelado de cubierta, semiconductor externa e interna y aislamiento.
- Utilización correcta de manguitos y engaste con el utillaje necesario
- Limpieza general.
- Aplicación del calor uniforme en los termo retráctiles y ejecución correcta de los contráctiles.

Tras realizar las conexiones, las pantallas metálicas de los cables se conectarán a tierra en ambos extremos.

## Señalización de la obra

La señalización de las zonas de trabajo, se realizará de acuerdo con el estudio básico de Seguridad y Salud que figure en el proyecto, así como por todo lo recogido en el plan de de seguridad y salud efectuado por el contratista antes de empezar la ejecución y aprobado por el técnico de Seguridad y Salud responsable de la obra.

Los elementos que se utilicen para señalización, además de cumplir adecuadamente su finalidad fundamental, deberán mantenerse en perfecto estado de conservación.

## Ensayo conductores

Con carácter previo a la puesta en servicio de las líneas subterráneas de Media Tensión se ensayarán los conductores de acuerdo a lo indicado en la ICT-LAT 05 y 06. Estos ensayos se tendrán que presentar a EDE.

Condiciones técnicas de ejecución y montaje de centros de transformación prefabricados superficie.

## Recepción de obra

Como ya se ha indicado anteriormente, durante el desarrollo de las obras de construcción, EDE realizará las visitas oportunas para comprobar la correcta ejecución de los trabajos y la inexistencia de vicios ocultos en la obra.

Con carácter general se verificará la correcta ejecución de la totalidad de las instalaciones, prestando especial atención a los siguientes aspectos:

- Dimensiones de la zanja.
- Dimensiones y número de tubos.
- Paralelismo y cruzamientos con otros servicios.
- Transporte y acopio de las bobinas.
- Tendido de conductores mediante dispositivos mecánicos.
- Protección y señalización.
- Ejecución y terminaciones y empalmes

## 11 CONDICIONES TÉCNICAS DE EJECUCIÓN Y MONTAJE DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN EL LOCAL SUPERFICIE

ENDESA DISTRIBUCIÓN proporcionará al Contratista los planos siguientes:

- Plano general de situación.
- Planos de obra civil.
- Plano de montaje de centro de transformación.

### EMPLAZAMIENTO

El lugar elegido para la construcción del CT debe permitir la colocación y reposición de todos los elementos del mismo, particularmente los que son pesados y grandes como transformadores. Los accesos deben tener las dimensiones adecuadas para permitir el paso de dichos elementos.

El emplazamiento del CT debe ser tal que éste esté protegido de inundaciones y filtraciones.

### REPLANTEO

El replanteo del centro de transformación, se verificará por el Director de Obra en presencia del Contratista, firmando ambas partes, al final de la operación, el "Acta de Replanteo", que supone el conocimiento exacto por el Contratista del centro de transformación.

### ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DEL EDIFICIO

#### Excavación

Se efectuará la excavación cuando proceda, con arreglo a las dimensiones y características del CT y hasta la cota necesaria indicada en el Proyecto.

La carga y transporte a vertedero de las tierras sobrantes será por cuenta del Contratista.

#### Cimientos

Se realizarán de acuerdo con las características del CT, si la obra es de fábrica de ladrillo, tendrán normalmente una profundidad de 60 cm. Ésta podrá reducirse cuando el centro se construya sobre un terreno rocoso. Por el contrario, si la escasa consistencia del terreno lo exige, se tomarán las medidas convenientes para que quede asegurada la estabilidad de la edificación.

El hormigón de la cimentación tendrá una dosificación mínima de cemento de 250 kg/m<sup>3</sup>.

#### Solera

La solera del CT será una losa de hormigón armado apoyada sobre las cimentaciones y sobre material compactado acabada mediante una capa de mortero de cemento ruleteado. Las

dosificaciones mínimas del hormigón y del cemento serán de 250 kg/m<sup>3</sup> y 600 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente.

En el caso de terrenos inundables, la cota superior de la solera terminada será, como mínimo, 20 cm superior a la del nivel máximo de las aguas conocido, en su defecto deberá asegurarse una estanqueidad perfecta hasta dicha cota.

Se preverán, en los lugares apropiados, tubos para el paso del interior al exterior de la caseta de los cables de las tomas de tierra de masas y del neutro. Estos tubos quedarán empotrados en la solera en posición inclinada hacia el exterior y desembocarán a una profundidad de 40 cm como mínimo.

También se preverán los agujeros de empotramiento para herrajes de sujeción de los equipos y de los carriles de rodadura de los transformadores. Así mismo, se tendrán en cuenta los pozos de aceite, los sumideros y conductos de drenaje, tubos de entrada y salida de cables de AT y BT respectivamente y canales de cables que estarán cubiertos por tapas de chapa amovibles.

## **Muros exteriores**

Estarán contruidos a base de paneles prefabricados de hormigón convenientemente ensamblados, o bien formando un conjunto con la solera y la cubierta. También podrán ser de sillería natural, fábrica de ladrillo macizo o hormigón en masa o armado.

Cuando los muros estén formados por elementos prefabricados, deberán estar perfectamente engastados y sellados entre sí, con la solera y con la cubierta, de forma que se impida totalmente el riesgo de filtraciones.

## **Tabiques**

Tendrán la resistencia equivalente a los espesores de las paredes que se indican:

- Tabique de ladrillo macizo: 15 cm.
- Tabique de hormigón armado: 5 cm.

Se construirán de forma que sus cantos queden terminados con perfiles U empotrados en los muros y en suelo.

Al ejecutar los tabiques se tomarán las disposiciones convenientes para prever el emplazamiento de herrajes y el paso de canalizaciones.

## **Cubierta**

En la ejecución de la cubierta se tendrá en cuenta el dotarla de las capas de impermeabilización necesarias, de forma que quede asegurada su completa estanqueidad y no haya riesgo de filtraciones.

No se efectuará en la cubierta ningún empotramiento que comprometa su estanqueidad.

El revestimiento exterior de la cubierta será el más adecuado para armonizar con el entorno.

### **CONDICIONES ACUSTICAS**

Los CT tendrán un aislamiento acústico de forma que no transmitan a las viviendas o locales colindantes niveles de ruidos superiores a los permitidos en los reglamentos u ordenanzas municipales.

### **PROTECCIONES CONTRA AGENTES EXTERNOS**

Ninguna de las aberturas del CT permitirá el paso de cuerpos sólidos de más de 12 mm de diámetro. Si las aberturas están próximas a partes en tensión, no permitirán el paso de cuerpos de más de 2,5 mm, y además existirá una disposición laberíntica que impida contactar con puntos en tensión.

### **VENTILACIÓN**

La evacuación del calor generado en el centro de transformación deberá realizarse por circulación natural de aire y, cuando esto no sea posible, se instalará un sistema de ventilación forzada. En cualquier caso, deberán dejarse previstos los herrajes de sujeción y demás elementos necesarios para la instalación del ventilador.

Las rejillas de ventilación deberán situarse en fachada, vía pública o patios interiores, nunca en accesos a sótanos u otros locales del edificio. La altura entre la entrada y salida de aire será la máxima posible.

Los conductos de ventilación serán totalmente independientes de otros conductos de ventilación del edificio.

### **CANALIZACIONES**

La entrada y salida de cables de AT y BT al CT se realizará a través de tubos, llegando hasta las celdas o cuadros correspondientes mediante un sistema de canales y/o tubos.

Las secciones de estos canales o tubos permitirán la colocación de los cables con la mayor facilidad posible. Los tubos serán de superficie interior lisa, siendo su diámetro 1,6 veces el diámetro del cable como mínimo.

La disposición de los canales y los tubos será tal que los radios de curvatura a los que deban someterse los cables serán como mínimo igual a 10 veces su diámetro, con un mínimo de 0,6 m.

Los canales de cables tendrán la solera con una inclinación del 2% descendente hacia una arqueta o sumidero. Los tubos de entrada y salida de cables al CT se ejecutarán con una inclinación mínima del 2% descendente hacia el exterior.

Para evitar la entrada de roedores, una vez colocados los cables se obstruirán los tubos vacíos y los huecos libres en los llenos con materiales duros que no dañen el cable.

En el exterior del CT los cables se instalarán directamente enterrados, excepto cuando atraviesen otros locales como sótanos o garajes, en cuyo caso se colocarán en el interior de tubos de acero de 15 cm de diámetro como mínimo. En cualquier caso, se tomarán las medidas necesarias para asegurar en todo momento una adecuada protección mecánica de los cables, así como su fácil identificación.

## **POZO DE RECOGIDA DE ACEITE**

Cuando se utilicen transformadores que contengan más de 50 l de aceite mineral, se dispondrá de un pozo de recogida de aceite por máquina, con revestimiento resistente y estanco, con la finalidad de permitir la evacuación y extinción de un eventual derrame.

Se preverá además un cortafuegos en la parte superior, compuesto por un lecho de guijarros de más de 5 cm de diámetro.

El pozo, en sus dimensiones y características constructivas, se ajustará a las unidades prototipo.

## **CARPINTERIA Y CERRAJERIA**

La carpintería será metálica y protegida contra la oxidación, en el caso de estar formada por perfiles de acero, mediante galvanizado o pintura antióxido.

### **Puertas**

Las puertas se abrirán hacia el exterior y cuando lo hagan sobre vías públicas se deberán abatir sobre el muro de fachada.

Las puertas para acceso tendrán las dimensiones apropiadas a sus características, corresponderán a las unidades prototipo y tendrán una protección contra el fuego de acuerdo con el DB-SI del Código Técnico de la Edificación.

### **Rejillas para ventilación**

Los huecos de ventilación se cerrarán mediante rejillas que impidan la entrada de agua y pequeños animales o la introducción desde el exterior de objetos metálicos que puedan contactar con puntos en tensión.

Las rejillas se ajustarán en sus dimensiones y características constructivas a las unidades prototipo.

### **Tapas para canales de cables**

Los canales o fosos de cables irán cubiertos, en la parte no ocupada por las propias celdas, por una serie de tapas de chapa estriada apoyadas sobre un cerco bastidor constituido por perfiles recibidos en el piso.

El marco soporte y las tapas estarán conectados al circuito de tierras general.

### **Cortafuegos en foso de recogida de aceites**

Estará constituido por un cerco o marco metálico formado por perfiles que sujetan una reja deployé que contenga los guijarros que hacen la función de cortafuegos en el caso de derrame de aceite del transformador.

Las dimensiones y características constructivas se ajustarán a la unidad prototipo.

### **Pantalla de protección del transformador**

Con la finalidad de aislar y evitar posibles contactos accidentales con el transformador, se dispondrá de una pantalla de protección, para cada transformador del centro de transformación.

Los elementos que componen la pantalla de protección y el montaje de los mismos se ajustarán a las unidades prototipo.

En caso de que la pantalla sea metálica, estará conectada al circuito de tierras general.

### **TRAMPILLAS Y ESCALERAS**

Cuando el centro de transformación sea de tipo subterráneo, el acceso al mismo se efectuará a través de una trampilla y una escalera de acceso de separación entre peldaños no superior a 25 cm.

La trampilla de acceso estará constituida por un bastidor metálico anclado en el forjado y cerrado mediante una tapa de fundición.

La bajada estará compuesta por dos elementos, una escalera fija que estará anclada en la pared y un cesto extraíble.

### **PUESTA A TIERRA Y EQUIPOTENCIALIDAD**

El CT estará construido de manera que su interior constituya una superficie equipotencial.

En el fondo de la zanja de cimentación del CT o del edificio donde se ubique se instalará, a una profundidad de 80 cm, el electrodo de puesta a tierra, que estará formado por picas de acero cobreado de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud unidas entre sí mediante cable de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección formando un anillo cuadrado o rectangular.

Cuando el CT esté ubicado en un edificio que tenga sótano o algún otro impedimento que no permita instalar las picas bajo el propio centro, éstas se instalarán fuera del mismo, colocadas en hilera en una zanja de 80 cm de profundidad, de las mismas características que en el caso anterior, unidas por un conductor de 50 mm<sup>2</sup> de sección de cobre desnudo.

Las puertas y rejillas que den al exterior del centro de transformación, no tendrán contacto eléctrico con las masas conductoras susceptibles de quedar sometidas a tensión debido a defectos o averías.

En el piso se instalará un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 6 mm formando una retícula no mayor de 30x30 cm. Este mallazo se conectará a la puesta a tierra de protección del centro, como mínimo en dos puntos preferentemente opuestos, con conductor de cobre desnudo de, como mínimo, 25 mm<sup>2</sup>.

Todas las partes metálicas empleadas en la fijación de los materiales de alta tensión y la cuba del transformador de potencia, irán unidas a la misma red de tierras.

## 12 EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

### CELDA DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA

Una vez descargadas con ayuda de una grúa, se alineará la primera celda exactamente sobre su cimentación y/o bastidor, y se fijará provisionalmente para deslizamientos. Las demás celdas se irán adosando sucesivamente a las ya colocadas, ayudándose cuidadosamente por medio de palancas si es necesario. Una vez situadas en su lugar todas las celdas, se alineará el conjunto y se ensamblarán entre sí mediante los tornillos. Seguidamente se procederá a montar las cubreras, puertas y paneles.

Al objeto de asegurar el correcto funcionamiento de los aparatos de corte y seccionamiento, es imprescindible procurar una correcta nivelación. Las celdas deberán descansar sobre sus 4 puntos de apoyo y todo el grupo sobre el mismo plano, de tal forma que no existan deformaciones ni alabeos de las superficies de apoyo por esfuerzos transmitidos por las celdas adyacentes mal asentadas o por las barras de unión de los polos de los interruptores-seccionadores.

Una vez acoplados todos los grupos, se unirán a las barras colectoras mediante puentes de unión con tornillos, teniendo en cuenta efectuar cuidadosamente el apriete de dichos tornillos, acopiándose a continuación las barras de tierra.

A continuación se procederá al anclaje definitivo de la celda a la fundación.

Para el montaje de los cables se retiran las partes desmontables de la placa de fondo para dejar libre acceso a la zona de trabajo, marcándolas debidamente con el fin de que, posteriormente puedan ser colocadas en su correspondiente lugar.

Con temperaturas inferiores a 0°C no deben ser instalados los cables, pues pueden sufrir daños en el aislamiento al curvarlos.

Empujando lentamente desde abajo, y al mismo tiempo tirando desde arriba de los cables, se introducen estos en la unidad.

Deberá evitarse que el extremo del cable choque contra alguna parte inferior de la unidad con el riesgo de arañarlo.

Es importante colocar los cables de tal manera que sus extremos puedan subirse unos 50 cm para la preparación de las botellas o para la fijación de terminales.

Durante la operación de montaje de celdas se establecerá la continuidad de todo el circuito general de tierra de las celdas.

La conexión exterior al circuito de tierra puede realizarse en cualquiera de las celdas a conveniencia.

## **TRANSFORMADOR**

El transformador será depositado lo más próximo a su celda. Desde allí será arrastrado preferentemente sobre planchas metálicas, hasta su celda, colocándolo sobre las vigas de sustentación.

## **CUADROS DE BT**

Los cuadros de baja tensión modulares se recibirán sobre el paramento asignado, anclándolo al bastidor instalado a tal efecto.

## **PUENTES DE AT y BT**

Los cables de alimentación al transformador saldrán de su celda correspondiente y discurriendo por canal de cables y/o por tubos accederán a las bornas de AT del transformador.

Los recorridos de los cables serán lo más cortos posible. Se tendrá en cuenta también los radios de curvatura mínimos a que deben someterse los cables, que serán los que marquen los fabricantes y la norma UNE correspondiente.

Las conexiones desde el transformador al cuadro de BT se realizarán con el número de ternas de cables indicado en el Proyecto. Se elegirá el recorrido más corto posible, sin que dificulte la colocación del transformador. Ningún circuito de BT se situará sobre la vertical de los circuitos de AT.

Se tendrá especial cuidado en colocar los cables de modo que no tapen, ni siquiera parcialmente, los huecos o rejillas de ventilación, procurando dejarlos bien peinados y colocados de modo que la evacuación de calor sea la mejor posible.

El cable deberá estar cortado con sierra y no con tijera o cizalla, colocándose en los extremos el terminal a compresión correspondiente a la sección del cable, no permitiendo en ningún caso ampliar el diámetro primitivo del orificio de dicho terminal.

## **PUESTA A TIERRA**

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 y aprobado por la Dirección General de Energía del Ministerio de Industria con fecha 2 de febrero de 1989.

Se dispondrán dos sistemas de puesta a tierra independientes entre sí, una puesta a tierra de protección (general) y otra puesta a tierra de servicio (neutro de baja tensión).

Las puestas a tierra se ejecutarán de la forma indicada en la Memoria del presente Proyecto Tipo, debiendo cumplirse estrictamente lo referente a separación entre circuitos, constitución y valores deseados para las resistencias de puesta a tierra.

En ninguno de los dos sistemas de puesta a tierra se colocarán elementos de seccionamiento.

Las uniones y conexiones se realizarán mediante elementos apropiados, de manera que aseguren una perfecta unión, de forma que no haya peligro de aflojarse o soltarse. Estarán dimensionados a fin de que no experimenten calentamientos superiores a los del conductor al paso de la corriente. Así mismo estarán protegidos contra la corrosión galvánica.

## **13 RECEPCIÓN DE LA OBRA**

En la recepción provisional de las obras se verificarán los siguientes conceptos:

### **RESISTENCIA DE AISLAMIENTO**

Se medirá la resistencia de aislamiento en los siguientes elementos:

#### Cables de 3ª Categoría de alimentación al CT

Se medirá la resistencia de aislamiento entre fases y entre fases y tierra, debiendo obtenerse valores correctos en todos los casos.

#### Cables de 3ª Categoría de alimentación al transformador

Se medirá la resistencia de aislamiento entre fases y entre fases y tierra, debiendo obtenerse valores correctos en todos los casos.

## Transformador

Se medirá la resistencia de aislamiento entre AT y BT, entre AT y masa y entre BT y masa, debiendo obtenerse valores correctos en todos los casos.

### **INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA**

Se medirán las resistencias de puesta a tierra y las tensiones de paso y contacto y se comprobará que los valores obtenidos son inferiores a los valores requeridos en la reglamentación vigente.

Se verificará, igualmente, que la separación entre ambos circuitos de tierra es adecuada, así como la buena ejecución y estado de la instalación.

### **ELEMENTOS DE MANIOBRA**

Los elementos de maniobra instalados y sus características se ajustarán a los previstos en el Proyecto.

Se comprobará que están perfectamente identificados y se actuará sobre los distintos dispositivos verificando su correcto funcionamiento.

### **ELEMENTOS DE PROTECCIÓN**

Los elementos de protección instalados y sus características se ajustarán a los previstos en el Proyecto.

Se comprobará el buen funcionamiento de los relés de protección y su correcta regulación, así como los calibres de los fusibles.

### **CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD**

El CT deberá estar siempre perfectamente cerrado, de forma que impida el acceso de las personas ajenas al servicio.

En el interior del CT no se podrá almacenar ningún elemento que no pertenezca a la propia instalación.

El equipamiento eléctrico debe estar correctamente señalizado y deben disponerse las advertencias e instrucciones necesarias de modo que se impidan los errores de interrupción, maniobras incorrectas y contactos accidentales con los elementos en tensión o cualquier otro tipo de accidente.

Para la realización de las maniobras en el CT se utilizará la banqueta y los guantes aislantes, actuándose sobre las palancas de accionamiento previstas a tal efecto en las celdas.

Los elementos de seguridad (banqueta, pértiga, guantes, etc.) deberán estar siempre en perfecto estado de uso, lo que se comprobará periódicamente.

Se colocará la placa de instrucciones de primeros auxilios que deben prestarse en caso de accidente en un lugar perfectamente visible.

Junto al accionamiento de la aparamenta de las celdas se incorporarán de forma gráfica y clara las marcas e indicaciones pertinentes para su correcta manipulación.

### **PUESTA EN SERVICIO**

El personal encargado de realizar las maniobras para la puesta en servicio del CT estará perfectamente adiestrado y debidamente autorizado por ENDESA DISTRIBUCIÓN.

Las maniobras se realizarán con el siguiente orden: primero se conectará el interruptor-seccionador de la función de línea, después el interruptor-seccionador o interruptor automático de protección del transformador, con lo cual tendremos el transformador trabajando en vacío para hacer las comprobaciones oportunas, tras las que se procederá a conectar la BT.

### **SEPARACIÓN DEL SERVICIO**

Las maniobras de separación del servicio se ejecutarán en orden inverso a las descritas para la puesta en servicio y no se darán por finalizadas mientras no esté conectado el (los) seccionador(es) de puesta a tierra de la(s) posiciones de línea.

### **MANTENIMIENTO**

Será realizado siempre por personal autorizado por ENDESA DISTRIBUCIÓN y de acuerdo a los protocolos establecidos por dicha compañía. En cualquier caso, se deberán tomar las medidas oportunas para garantizar la seguridad del personal.

Las celdas prefabricadas precisan un mantenimiento muy reducido, al estar su aparamenta encapsulada en una cuba rellena con gas SF<sub>6</sub> a presión.

**En Almería, Diciembre de 2.019**

**Fdo: D. Alejandro Rey-Stolle Degollada**  
**Ingeniero Industrial**

Col. 2116 del Colegio Oficial de  
Ingenieros Superiores Industriales de Andalucía Oriental



**Documento 5**

**PRESUPUESTO**

## CAPÍTULO 01: LÍNEA SUBTERRÁNEA

COD.	DESCRIPCIÓN	CANTIDA D	PRECIO Ud.	IMPORTE
WSE028	IDENTIFICACION Y CORTE CABLE MT O BT	1,00	24,39	<b>24,39 €</b>
WSE008	TERMINAL CABLE SUBTERRANEO MT	6,00	42,00	<b>252,00 €</b>
WSE009	TERMINAL CABLE SUBTERRANEO MT EN ALTURA	3,00	142,17	<b>426,51 €</b>
WSE007	TENDIDO BAJO TUBO MT	80,00	6,16	<b>492,80 €</b>
WSE010	EMPALME CABLE SUBTERRANEO MT	1,00	85,58	<b>85,58 €</b>
WSD005	ARQUETA A2	2,00	505,00	<b>1.010,00 €</b>
WSD016	CANALIZ. TIPO B EN GRAVA O TERRIZO (PROFUNDIDAD > 1M) SUPL DE PROFUNDIDAD CANALIZACION O ZANJA POR CIRCUITO	25,00	27,13	<b>678,25 €</b>
WSD028	O TUBO (M.LINEAL)	25,00	5,90	<b>147,50 €</b>
WZB002	MANIOBRA Y CREACION Z.P. MT, 2 PAREJAS	1,00	224,90	<b>224,90 €</b>
wda003	IMPLENETACIÓN 5RO CON UTILIZACIÓN DE TABLET	1,00	7,94	<b>7,94 €</b>
<b>MATERIAL</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO Ud.</b>	<b>IMPORTE</b>
270308	TAPA DE FUNDICIÓN MODELO A2	2,00	155,84	<b>311,68</b>
270092	EMPALME MONOB FRIO 18/30KV 150 A 240	3,00	67,43	<b>202,29</b>
330015	CABLE 240 AL 18/30 SUBT. P/AL	240,00	4,46	<b>1.070,40</b>
270096	TERMINAL EXT MONO FRIO 18/30KV150-240MM2	3,00	28,95	<b>86,85</b>
270116	CONECTOR T ATORN 630A CAB 18/3	6,00	73,82	<b>442,92</b>
<b>TOTAL CAPÍTULO 01</b>				<b>5.464,01 €</b>

## CAPÍTULO 02: CENTRO DE TRASFORMACIÓN

COD.	DESCRIPCIÓN	CANTIDA D	PRECIO Ud.	IMPORTE
WCBD01	OBRA CIVIL CT PREFAB.SUPERFICIE 1 TRAFO	1,00	1121,00	<b>1.121,00</b>
WCBA01	ACERA PERIMETRAL EDIFICIO PREFABRICADO	1,00	570,52	<b>570,52</b>
WCCN06	INSTALAR TRANSFORMADOR CT ACCESO DIRECTO	1,00	133,40	<b>133,40</b>
WCCM03	M.L.CABLE EN ZANJA EXISTENTE	15,00	0,39	<b>5,85</b>
WCCM02	M.L.CABLE EN ZANJA 0,3X0,5 M	30,00	11,55	<b>346,50</b>
WCCM01	ELECTRODO 2 M COMPLETO PUESTA A TIERRA	8,00	17,27	<b>138,16</b>
WCCL01	CT SUPERFICIE ENTRE 250 KVA Y 1000 KVA 1 TRAFO	1,00	5023,94	<b>5.023,94</b>
WCCJ03	PUENTE BT CT TRAFO DE 630KVA	1,00	220,28	<b>220,28</b>
WCCH01	CUADRO BT CT	1,00	24,55	<b>24,55</b>
<b>MATERIAL</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO Ud.</b>	<b>IMPORTE</b>
110553	TR 630 kVA/25 B2 E	1,00	5414,08	<b>5.414,08</b>
710256	TERMOMETRO PARA TRANSFORMADOR DIST.	1,00	57,15	<b>57,15</b>
270116	CONECTOR T ATORN 630A CAB 18/30KV 240MM2	9,00	58,59	<b>527,31</b>
270119	CONECTOR ENCH ACODAD 400A 12/20KV 95MM2	3,00	52,34	<b>157,02</b>

160351	CUADRO ACOMETIDA CBT-AC-ETU 6302B	1,00	685,67	<b>685,67</b>
	EDIFICIO PREFABRICADO TIPO PFU-3 SUPERFICIE	1,00	3039,76	<b>3.039,76</b>
140477	CELDA LINEA MOTORIZADA 36KV 630A-20KA	2,00	2636,81	<b>5.273,62</b>
140263	CELDA 36KV 630A SF6+SF6 TRANSFORMADOR	1,00	2797,33	<b>2.797,33</b>
330014	CABLE AISL.RED.PANT. AL 18/30KV 1X150MM2	15,00	3,50	<b>52,50</b>
330009	CABLE 0,6/1 KV, XZ1 1X240 AL	33,00	1,99	<b>65,67</b>
M6711174	CONECTOR AISLA BT PASANTE 150-240 Y DERIV 150-240	8,00	2,32	<b>18,56</b>
<b>TOTAL CAPÍTULO 02</b>				<b>25.672,87 €</b>

### CAPÍTULO 03: GESTIÓN DE RESIDUOS

Retirada de residuos de tierra, hormigón ,.... y en general todos los residuos generados durante la obra hasta punto autorizado. Realizado con los medios necesarios.	<b>150,80 €</b>
---	-----------------

### CAPÍTULO 04: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

Mano de obra y elementos necesarios para llevar a cabo las disposiciones que se detallan en el anexo de "Estudio de Seguridad y Salud", en virtud de cumplir las disposiciones mínimas ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995	<b>685,01 €</b>
---	-----------------

### RESUMEN DEL PRESUPUESTO

CAPÍTULO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	IMPORTE
Cap. 01	INSTALACIONES.	1	<b>5.464,01 €</b>
Cap. 02	INSTALACIONES.	1	<b>25.672,87 €</b>
Cap. 03	GESTION DE RESIDUOS	1	<b>150,80 €</b>
Cap. 04	ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	1	<b>685,01 €</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO:</b>			<b>31.972,69 €</b>

**Asciende el presupuesto general, a la cantidad de TREINTA Y UN MIL NOVECIENTOS SETENTA Y DOS EUROS Y SESENTA Y NUEVE CÉNTIMOS**

**En Almería, Diciembre de 2.019**

**Fdo: D. Alejandro Rey-Stolle Degollada**  
Ingeniero Industrial  
Col. 2116 del Colegio Oficial de  
Ingenieros Superiores Industriales de Andalucía Oriental



## **Documento 6**

### **ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

## ÍNDICE ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

<b>1 Objeto .....</b>	<b>109</b>
<b>Características de la obra y situación .....</b>	<b>109</b>
<b>Obligaciones del contratista.....</b>	<b>109</b>
<b>Actividades básicas.....</b>	<b>109</b>
Tendido de cable subterráneo (C.S).....	109
Tendido de línea aérea (L.A.) .....	110
Construcción de centro de transformación, interior o intemperie (C.T.).....	110
<b>Identificación de riesgos .....</b>	<b>110</b>
Riesgos laborales.....	111
Riesgos y daños a terceros .....	113
<b>Medidas preventivas .....</b>	<b>114</b>
Prevención de riesgos laborales a nivel colectivo .....	114
Prevención de riesgos laborales a nivel individual .....	116
Prevención de riesgos de daños a terceros .....	116
<b>Normativa aplicable .....</b>	<b>117</b>

## 1 Objeto

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud tiene por objeto precisar las normas de seguridad y salud aplicables a la obra, identificando los riesgos laborales evitables, indicando las medidas correctoras necesarias para ello, y los que no puedan eliminarse, indicando las medidas tendentes a controlarlos o reducirlos, valorando su eficacia, todo ello de acuerdo con el Artículo 6 del RD 1627/1997 de 24 de octubre, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en las Obras de Construcción.

De acuerdo con el artículo 3 del RD 1627/1997, si en la obra interviene más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos, o más de un trabajador autónomo, el Promotor deberá designar un Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. Esta designación deberá ser objeto de un contrato expreso.

## Características de la obra y situación

Este ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD, se elabora para la obra con título y emplazamiento el detallado en el Proyecto que nos ocupa.

## Obligaciones del contratista

Siguiendo las instrucciones del Real Decreto 1627/1997, antes del inicio de los trabajos en obra, la empresa adjudicataria de la obra, estará obligada a elaborar un "plan de seguridad y salud en el trabajo", en el que se analizarán, estudiarán, desarrollarán y complementarán las previsiones que se adjuntan en el estudio básico.

## Actividades básicas

Durante la ejecución de los trabajos en obra se pueden destacar como actividades básicas:

### Tendido de cable subterráneo (C.S)

- Desplazamiento de personal.
- Transporte de materiales y herramientas.
- Apertura y acondicionamiento de zanjas para el tendido de cables.
- Tendido de cables subterráneos.
- Realización de conexiones en cables subterráneos.
- Reposición de tierras, cierre de zanjas, compactación del terreno y reposición del pavimento.
- Maniobras necesarias para retirar y restaurar la tensión de un sector de la red.
- Desmontaje de instalaciones (si es necesario).

## Tendido de línea aérea (L.A.)

- Desplazamiento de personal.
- Transporte de materiales y herramientas.
- Excavaciones para cimientos de apoyos para líneas aéreas.
- Hormigonado de cimientos.
- Izado de apoyos de hormigón, madera y chapa.
- Izado y montaje de postes de celosía.
- Montaje de hierros y aisladores en apoyos.
- Tendido de conductores sobre los apoyos.
- Realización de conexiones en líneas aéreas.
- Montaje de equipos de maniobra y protección.
- Maniobras necesarias para retirar y restaurar la tensión de un sector de la zarza.
- Desmontaje de instalaciones (si es necesario).
- Operaciones específicas para realizar trabajos en tensión.

## Construcción de centro de transformación, interior o intemperie (C.T.)

- Desplazamiento de personal.
- Transporte de materiales y herramientas.
- Obra civil para la construcción del edificio.
- Excavaciones para los cimientos de postes de líneas aéreas.
- Hormigonado de cimientos.
- Levantamiento y montaje de postes de celosía.
- Montaje de hierros y aisladores en los apoyos.
- Montaje de equipos de maniobra, protección y transformadores.
- Maniobras necesarias para retirar y restaurar la tensión de un sector de la red.
- Desmontaje de instalaciones (si es necesario).

## Identificación de riesgos

## Riesgos laborales

	C.S.	L.A.	C.T.
- Caídas de personal al mismo nivel		X	X
Per deficiencias del suelo	X	X	X
Por pisar o tropezar con objetos	X	X	X
Por malas condiciones atmosféricas	X	X	X
Por existencia de vertidos o líquidos	X	X	X
- Caídas de personal o diferente nivel	X	X	X
Por desniveles, zanjas o taludes	X	X	X
Por agujeros	X	X	X
Desde escaleras, portátiles o fijos	X	X	X
Desde andamio			X
Desde techos o muros			X
Desde apoyos		X	X
Desde árboles		X	X
- Caídas de objetos	X	X	X
Por manipulación manual	X	X	X
Por manipulación con aparatos elevadores	X	X	X
- Desprendimientos, hundimientos o ruinas	X	X	X
Apoyos		X	X
Elementos de montaje fijos		X	X
Hundimiento de zanjas, pozos o galerías	X	X	X
- Choques y golpes	X	X	X
Contra objetos fijos y móviles	X	X	X
Hundimiento de zanjas, pozos o galerías	X	X	X
- Atrapamientos	X	X	X
Con herramientas	X	X	X
Por maquinaria o mecanismos en movimiento	X	X	X
Por objetos	X	X	X
- Cortes	X	X	X
Con herramientas	X	X	X

	<b>C.S.</b>	<b>L.A.</b>	<b>C.T.</b>
Con máquinas	X	X	X
Con objetos	X	X	X
- Proyecciones	X	X	X
Por partículas sólidas	X	X	X
Por líquidos	X	X	X
- Contactos térmicos	X		X
Con fluidos	X		X
Con focos de calor	X		X
Con proyecciones	X		X
- Contactos químicos	X		X
Con sustancias corrosivas	X		X
Con sustancias irritantes	X		X
Con sustancias químicas	X		X
- Contactos eléctricos	X	X	X
Directos	X	X	X
Indirectos	X	X	X
Descargas eléctricas	X	X	X
- Arco eléctrico	X	X	X
Por contacto directo	X	X	X
Por proyección	X	X	X
Por explosión en corriente continua	X	X	X
- Manipulación de cargas o herramientas	X	X	X
Para desplazarse, levantar o sostener cargas	X	X	X
Para utilizar herramientas	X	X	X
Por movimientos repentinos	X	X	X
- Riesgos derivados del tráfico	X	X	X
Choque entre vehículos y contra objetos fijos	X	X	X
Atropellos	X	X	X
Fallos mecánicos y tumbada de vehículos	X	X	X
- Explosiones	X		

- Por atmósferas explosivas
- Por elementos de presión
- Por voladuras o material explosivo
- Agresión de animales
  - Insectos
  - Reptiles
  - Perros y gatos
  - Otros
- Ruidos
  - Por exposición
- Vibraciones
  - Por exposición
- Ventilación
  - Por ventilación insuficiente
  - Por atmósferas bajas en oxígeno
- Iluminación
  - Para iluminación ambiental insuficiente
  - Por deslumbramientos y reflejos
- Condiciones térmicas
  - Por exposición a temperaturas extremas
  - Por cambios repentino en la temperatura
  - Por estrés térmico

C.S.	L.A.	C.T.
X		
X	X	X
X	X	X
X	X	X
X	X	X
X	X	X
X	X	X
X		X
X		X
X	X	X
X	X	X
X		X
X		X
		X
		X

## Riesgos y daños a terceros

- Por la existencia de curiosos
- Por la proximidad de circulación vial
- Por la proximidad de zonas habitadas
- Por presencia de cables eléctricos con tensión

C.S.	L.A.	C.T.
	X	X
X	X	X
X	X	X
X	X	X

Por manipulación de cables con corriente  
Por la existencia de tuberías de gas o de agua

C.S.	L.A.	C.T.
X	X	X
X	X	X

## Medidas preventivas

Para evitar o reducir los riesgos relacionados, se adoptarán las siguientes medidas:

### Prevención de riesgos laborales a nivel colectivo

- Se mantendrá el orden y la higiene en la zona de trabajo.
- Se acondicionarán pasos para peatones.
- Se procederá al cierre, balizamiento y señalización de la zona de trabajo.
- Se dispondrá del número de botiquines adecuado al número de personas que intervengan en la obra.
- Las zanjas y excavaciones quedarán suficientemente manchadas y señalizadas.
- Se colocarán tapas provisionales en agujeros y arquetas hasta que no se disponga de las definitivas.
- Se revisará el estado de conservación de las escaleras portátiles y fijas diariamente, antes de iniciar el trabajo y nunca serán de fabricación provisional.
- Las escaleras portátiles no estarán pintadas y se trabajará sobre las mismas de la siguiente manera:
  - Sólo podrá subir un operario.
  - Mientras el operario está arriba, otro aguantará la escalera por la base.
  - La base de la escalera no sobresaldrá más de un metro del plano al que se quiere acceder.
  - Las escalas de más de 12 m se atarán por sus dos extremos.
  - Las herramientas se subirán mediante una cuerda y en el interior de una bolsa.
  - Si se trabaja por encima de 2 m utilizará cinturón de seguridad, anclado a un punto fijo distinto de la escala.
- Los andamios serán de estructura sólida y tendrán barandillas, barra a media altura y zócalo.
- Se evitará trabajar a diferentes niveles en la misma vertical y permanecer debajo de cargas suspendidas.
- La maquinaria utilizada (excavación, elevación de material, tendido de cables, etc.) sólo será manipulada por personal especializado.
- Antes de iniciar el trabajo se comprobará el estado de los elementos situados por encima de la zona de trabajo.

- Las máquinas de excavación dispondrán de elementos de protección contra vuelcos.
- Se procederá al entibado de las paredes de las zanjas siempre que el terreno sea blando o se trabaje a más de 1,5 m de profundidad.
- Se comprobará el estado del terreno antes de iniciar la jornada y después de lluvia intensa.
- Se evitará el almacenamiento de tierras junto a las zanjas o agujeros de fundamentos.
- En todas las máquinas los elementos móviles estarán debidamente protegidos.
- Todos los productos químicos a utilizar (disolventes, grasas, gases o líquidos aislantes, aceites refrigerantes, pinturas, siliconas, etc.) se manipularán siguiendo las instrucciones de los fabricantes.
- Los armarios de alimentación eléctrica dispondrán de interruptores diferenciales y tomas de tierra.
- Se utilizarán transformadores de seguridad para trabajos con electricidad en zonas húmedas o muy conductoras de la electricidad.
- Todo el personal deberá haber recibido una formación general de seguridad y además el personal que deba realizar trabajos en altura, formación específica en riesgos de altura
- Por trabajos en proximidad de tensión el personal que intervenga deberá haber recibido formación específica de riesgo eléctrico.
- Los vehículos utilizados para transporte de personal y mercancías estarán en perfecto estado de mantenimiento y al corriente de la ITV.
- Se montará la protección pasiva adecuada a la zona de trabajo para evitar atropellos.
- En las zonas de trabajo que se necesite se montará ventilación forzada para evitar atmósferas nocivas.
- Se colocarán válvulas antirretroceso en los manómetros y en las cañas de los soldadores.
- Las botellas o contenedores de productos explosivos se mantendrán fuera de las zonas de trabajo.
- El movimiento del material explosivo y las voladuras serán efectuados por personal especializado.
- Se observarán las distancias de seguridad con otros servicios, por lo que se requerirá tener un conocimiento previo del trazado y características de las mismas.
- Se utilizarán los equipos de iluminación que se precisen según el desarrollo y características de la obra (adicional o socorro).
- Se retirará la tensión en la instalación en que se tenga que trabajar, abriendo con un corte visible todas las fuentes de tensión, poniéndolas a tierra y en cortocircuito. Para realizar estas operaciones se utilizará el material de seguridad colectivo que se necesite.
- Sólo se restablecerá el servicio a la instalación eléctrica cuando se tenga la completa seguridad de que no queda nadie trabajando.
- Para la realización de trabajos en tensión el contratista dispondrá de:
  - Procedimiento de trabajo específico.
  - Material de seguridad colectivo que se necesite.
  - Aceptación de la empresa distribuidora eléctrica del procedimiento de trabajo.
  - Vigilancia constante de la cabeza de trabajo en tensión.

## Prevención de riesgos laborales a nivel individual

El personal de obra debe disponer, con carácter general, del material de protección individual que se relaciona y que tiene la obligación de utilizar dependiendo de las actividades que realice:

- Casco de seguridad.
- Ropa de trabajo adecuada para el tipo de trabajo que se realice.
- Impermeable.
- Calzado de seguridad.
- Botas de agua.
- Trepadora y elementos de sujeción personal para evitar caídas entre diferentes niveles.
- Guantes de protección para golpes, cortes, contactos térmicos y contacto con sustancias químicas.
- Guantes de protección eléctrica.
- Guantes de goma, neopreno o similar para hormigonar, albañilería, etc.
- Gafas de protección para evitar deslumbramientos, molestias o lesiones oculares, en caso de:
  - Arco eléctrico.
  - Soldaduras y oxicorte.
  - Proyección de partículas sólidas.
  - Ambiente polvoriento.
- Pantalla facial.
- Orejeras y tapones para protección acústica.
- Protección contra vibraciones en brazos y piernas.
- Máscara autofiltrante trabajos con ambiente polvoriento.
- Equipos autónomos de respiración.
- Productos repelentes de insectos.
- Aparatos asusta-perros.
- Pastillas de sal (estrés térmico).

Todo el material estará en perfecto estado de uso.

## Prevención de riesgos de daños a terceros

- Vallado y protección de la zona de trabajo con balizas luminosas y carteles de prohibido el paso.
- Señalización de calzada y colocación de balizas luminosas en calles de acceso a zona de trabajo, los desvíos provisionales por obras, etc.
- Riesgo periódico de las zonas de trabajo donde se genere polvo.

## Normativa aplicable

En el proceso de ejecución de los trabajos deberán observarse las normas y reglamentos de seguridad vigentes. A título orientativo, y sin carácter limitativo, se adjunta una relación de la normativa aplicable:

- Decreto de 26 de julio de 1957, por el que se regulan los Trabajos prohibidos a la mujer y a los menores.
- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación (RD 337/2014, 9 Mayo), así como las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre dicho reglamento.
- Orden de 31 de agosto de 1987, sobre señalización, balizamiento, defensa, limpieza y terminación de obras fijas en vías fuera de poblado.
- Real Decreto Legislativo 1/1995, de 24 de marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso-lumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 773/1997, 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Orden de 12 de enero de 1998, por la que se aprueba el modelo de Libro de Incidencias en las obras de construcción.
- Real Decreto 216/1999, de 5 de febrero, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo de los trabajadores en el ámbito de las empresas de trabajo temporal.
- Real Decreto Legislativo 5/2000, de 4 de agosto, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre Infracciones y Sanciones en el Orden Social.
- 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 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 1428/2003, de 21 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Circulación para la aplicación y desarrollo del texto articulado de la Ley sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial, aprobado por el Real Decreto Legislativo 339/1990, de 2 de marzo.

- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.
- Decreto 399/2004, de 5 de octubre de 2004, por el que se crea el registro de delegados y delegadas de prevención y el registro de comités de seguridad y salud, y se regula el depósito de las comunicaciones de designación de delegados y delegadas de prevención y constitución de los comités de seguridad y salud.
- Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.
- Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- RD 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción.
- Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción.
- 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 337/2010, de 19 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención; el Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.
- Orden TIN/1071/2010, de 27 de abril, sobre los requisitos y datos que deben reunir las comunicaciones de apertura o de reanudación de actividades en los centros de trabajo.
- Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.
- Convenios colectivos.
- Ordenanzas municipales.
- Instrucción general de operaciones, normas y procedimientos relativos a seguridad y salud laboral de la empresa contratante.

## Documento 7

### ANEXO I: GESTIÓN DE RESIDUOS

## ÍNDICE GESTIÓN DE RESIDUOS

<b>1</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>121</b>
	<b>Objeto .....</b>	<b>121</b>
	<b>Reglamentación.....</b>	<b>121</b>
	<b>Agentes .....</b>	<b>122</b>
	Productor .....	122
	Poseedor.....	122
	Gestor.....	123
	<b>Estimación de la cantidad de residuos de construcción que se generan en la obra (según orden MAM/304/2002.....</b>	<b>124</b>
	Tipos de residuos.....	124
	Estimación de la cantidad de residuos que se generarán en la obra .....	124
	<b>Medidas para la prevención de generación de residuos.....</b>	<b>127</b>
	<b>Medidas de separación en obra. ....</b>	<b>130</b>
	<b>Operaciones de reutilización, valorización o eliminación a que se destinarán los residuos generados en la obra .....</b>	<b>131</b>
	Reutilización en la misma obra: .....	131
	Valorización en la misma obra: .....	131
	Eliminación residuos no reutilizables/Valorizables “in-situ” .....	131
	<b>Planos de las instalaciones previstas .....</b>	<b>131</b>
	<b>Pliego de condiciones.....</b>	<b>132</b>
	<b>Presupuesto</b>	<b>135</b>

## 1 Introducción

El presente documento constituye el ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS para el PROYECTO DE EJECUCIÓN que nos ocupa.

De acuerdo con artículo 4.1 del RD 105/2008, el productor de residuos (promotor), tiene la obligación de incluir en el proyecto de ejecución de la obra un Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición, con el siguiente contenido mínimo:

- Estimación de la cantidad de residuos que se generarán en la obra.
- Medidas para la prevención de los residuos en la obra objeto del proyecto.
- Medidas de separación de los residuos en obra
- Operaciones de reutilización, valorización o eliminación de los residuos generados en obra.
- Planos de las instalaciones previstas
- Las prescripciones del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto en relación con el almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones.
- Presupuesto previsto de la gestión de los residuos.

## Objeto

El presente documento tiene por objeto garantizar el cumplimiento de la Ley 22/2011 de 28 de julio de Residuos y suelos contaminados y el Real Decreto 105/2008 por el que se regula la producción y gestión de los residuos, aplicado a Líneas Aéreas de Media Tensión de hasta 30 kV destinadas a formar parte de las redes de distribución de ENDESA DISTRIBUCIÓN, siendo de aplicación tanto para las instalaciones construidas por la citada empresa como para las construidas por terceros y cedidas a ella.

En los siguientes apartados se detalla el contenido del “Estudio de Gestión de Residuos” que debe acompañar al proyecto de ejecución de la obra siempre y cuando se generen residuos.

La gestión de los residuos generados en cada obra se realizará según lo que se establece en la legislación vigente basada en la legislación nacional y complementada con la legislación autonómica.

## Reglamentación

- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Ley 22/2011 de 28 de julio de Residuos y suelos contaminados
- Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.



- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados
- Normativa específica de la Comunidad Autónoma y Ordenanzas Municipales.
- Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.



## Agentes

### Productor

A los efectos del real decreto 105/2008 se entiende como productor de residuos de construcción y demolición (en adelante RCD):

- La persona física o jurídica titular de la licencia urbanística en una obra de construcción o demolición. En aquellas obras que no precisen de licencia urbanística, tendrá la consideración de productor del residuo la persona física o jurídica titular del bien inmueble objeto de una obra de construcción o demolición.
- La persona física o jurídica que efectúe operaciones de tratamiento, de mezcla o de otro tipo que ocasionen un cambio de naturaleza o de composición de los residuos.
- El importador o adquirente en cualquier Estado miembro de la Unión Europea de residuos de construcción y demolición.

El productor está obligado a disponer de la documentación que acredite que los RCD realmente producidos en sus obras han sido gestionados, en su caso, en obra o entregados a una instalación de valorización o eliminación para su tratamiento por gestor de residuos autorizado, en los términos recogidos en el RD 105/2008 y, en particular, en el Estudio de Gestión de residuos de la obra o en sus posteriores modificaciones. La documentación correspondiente a cada año natural deberá mantenerse durante los cinco años siguientes.

En el caso de las obras sometidas a licencia urbanística, el productor de residuos está obligado a constituir, cuando proceda, en los términos previstos en la legislación de las comunidades autónomas, la fianza o garantía financiera equivalente que asegure el cumplimiento de los requisitos establecidos en dicha licencia en relación con los RCD de la obra.

### Poseedor

A los efectos del real decreto 105/2008 se entiende como poseedor de RCD la persona física o jurídica que tenga en su poder los residuos de construcción y demolición y que no ostente la condición de gestor de residuos.

En todo caso, tendrá la consideración de poseedor la persona física o jurídica que ejecute la obra de construcción o demolición, tales como el constructor, los subcontratistas o los trabajadores autónomos.

En el artículo 5 del RD 105/2008 establece las obligaciones del poseedor de RCD. En él se indica que la persona física o jurídica que ejecute la obra está obligada a presentar a la propiedad de la misma un plan que refleje como llevará a cabo las obligaciones que le incumban en relación con los RCD que se vayan a producir en la obra.

El poseedor de RCD, cuando no proceda a gestionar los residuos por sí mismo, y sin perjuicio de los requerimientos del proyecto aprobado, estará obligado a entregarlos a un gestor de residuos o a participar en un acuerdo voluntario o convenio de colaboración para su gestión.

Los RCD se destinarán preferentemente, y por este orden, a operaciones de reutilización, reciclado o a otras formas de valorización.

La responsabilidad administrativa en relación con la cesión de los RCD por parte de los poseedores a los gestores se regirá por lo establecido en la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

El poseedor de los residuos estará obligado, mientras se encuentren en su poder, a mantenerlos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad, así como a evitar la mezcla de fracciones ya seleccionadas que impida o dificulte su posterior valorización o eliminación.

El poseedor de los residuos de construcción y demolición estará obligado a sufragar los correspondientes costes de gestión y a entregar al productor los certificados y demás documentación acreditativa de la gestión de los residuos, así como a mantener la documentación correspondiente a cada año natural durante los cinco años siguientes.

## Gestor

El gestor, según el artículo 7 del Real Decreto 105/2008, cumplirá con las siguientes obligaciones:

- a) En el supuesto de actividades de gestión sometidas a autorización por la legislación de residuos, llevar un registro en el que, como mínimo, figure la cantidad de residuos gestionados, expresada en toneladas y en metros cúbicos, el tipo de residuos, codificadas con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero, o norma que la sustituya, la identificación del productor, del poseedor y de la obra de donde proceden, o del gestor, cuando procedan de otra operación anterior de gestión, el método de gestión aplicado, así como las cantidades, en toneladas y en metros cúbicos, y destinos de los productos y residuos resultantes de la actividad.
- b) Poner a disposición de las administraciones públicas competentes, a petición de las mismas, la información contenida en el registro mencionado en la letra a) La información referida a cada año natural deberá mantenerse durante los cinco años siguientes.
- c) Extender al poseedor o al gestor que le entregue RCD, en los términos recogidos en el real decreto, los certificados acreditativos de la gestión de los residuos recibidos, especificando el productor y, en su caso, el número de licencia de la obra de procedencia.

Cuando se trate de un gestor que lleve a cabo una operación exclusivamente de recogida, almacenamiento, transferencia o transporte, deberá además transmitir al poseedor o al gestor que le entregó los residuos, los certificados de la operación de valorización o de eliminación subsiguientes a que fueron destinados los residuos.

- d) En el supuesto de que carezca de autorización para gestionar residuos peligrosos, deberá disponer de un procedimiento de admisión de residuos en la instalación que asegure que, previamente al proceso de tratamiento, se detectarán y se separarán, almacenarán adecuadamente y derivarán a gestores autorizados de residuos peligrosos aquellos que tengan este carácter y puedan llegar a la instalación mezclados con residuos no peligrosos de construcción y demolición. Esta obligación se entenderá sin perjuicio de las responsabilidades en que pueda incurrir el producto, el poseedor o, en su caso, el gestor precedente que haya enviado dichos residuos a la instalación.

## Estimación de la cantidad de residuos de construcción que se generan en la obra (según orden MAM/304/2002)



### Tipos de residuos

Para cada obra se indicarán los tipos de residuos que se pueden generar, marcando en las casillas correspondientes cada tipo de RCD que se identifique en la obra de los residuos a generar, codificados con arreglo a la Lista Europea de Residuos, publicada por Orden MAM/304/2002 del Ministerio de Medio Ambiente, de 8 de febrero, o sus modificaciones posteriores, en función de las Categorías de Niveles I, II.

**RCD de Nivel I.-** Residuos generados por el desarrollo de las obras de infraestructura de ámbito local o supramunicipal contenidas en los diferentes planes de actuación urbanística o planes de desarrollo de carácter regional, siendo resultado de los excedentes de excavación de los movimientos de tierra generados en el transcurso de dichas obras. Se trata, por tanto, de las tierras y materiales pétreos, no contaminados, procedentes de obras de excavación.

**RCD de Nivel II.-** Residuos generados principalmente en las actividades propias del sector de la construcción, de la demolición, de la reparación domiciliar y de la implantación de servicios. (Abastecimiento y saneamiento, telecomunicaciones, suministro eléctrico, gasificación y otros).

En ambos casos, son residuos no peligrosos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas.

El estudio de gestión de RCD se ajustará al modelo general siguiente, siendo válidos otros formatos equivalentes, sin perjuicio del resto de documentación que se desee acompañar al mismo por parte del redactor del estudio.

### Estimación de la cantidad de residuos que se generarán en la obra

Los residuos que se generarán pueden clasificarse según el tipo de obra en:

- Residuos procedentes de los trabajos previos (replanteos, excavaciones, movimientos...)
- Residuos de actividades de nueva construcción
- Residuos procedentes de demoliciones

NOTA: para una Obra Nueva, en ausencia de datos más contrastados, la experiencia demuestra que se pueden usar datos estimativos estadísticos de 20 cm de altura de mezcla de residuos por m<sup>2</sup> construido, con una densidad tipo del orden de 1,5 a 0,5 Tm/m<sup>3</sup>.

**En apoyos** suponemos que el 90% de las tierras no se reutilizan y que de éste 90% un 10% es de residuos Nivel II.

**Para zanjas nuevas** suponemos que un 20% de la tierra no se reutiliza en tapar la zanja, y que de éste 20% un 10% es de residuos Nivel II.

La estimación completa de residuos en la obra seguiría una estructura similar o igual a:

**GESTION DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)**

<b>Estimación de residuos en OBRA NUEVA: ZANJAS BT-MT-AT</b>	
Longitud de zanjas	25,00 m
Ancho de zanjas	0,50 m
Profundidad de zanjas	1,00 m
Volumen total de zanjas	12,50 m <sup>3</sup>
Volumen total de residuos	2,50 m <sup>3</sup>
<b>Volumen de tierras sobrantes</b>	<b>2,25 m<sup>3</sup></b>
<b>Volumen de RCDs Nivel II</b>	<b>0,25 m<sup>3</sup></b>

<b>Estimación de residuos en OBRA NUEVA: APOYOS BT-MT-AT</b>	
Volumen total cimentación apoyos	0,00 m <sup>3</sup>
Volumen total de residuos	0,00 m <sup>3</sup>
<b>Volumen de tierras sobrantes</b>	<b>0,00 m<sup>3</sup></b>
<b>Volumen de RCDs Nivel II</b>	<b>0,00 m<sup>3</sup></b>

<b>Estimación de residuos en OBRA NUEVA: ARQUETAS</b>	
Longitud de excavación	3,60 m
Ancho de excavación	1,12 m
Profundidad de excavación	1,30 m
Volumen total de excavación	5,24 m <sup>3</sup>
Volumen total de residuos	4,72 m <sup>3</sup>
<b>Volumen de tierras sobrantes</b>	<b>4,25 m<sup>3</sup></b>
<b>Volumen de RCDs Nivel II</b>	<b>0,47 m<sup>3</sup></b>

<b>Estimación de residuos en OBRA NUEVA: REFORMA CDs</b>	
Volumen total de residuos	0,00 m <sup>3</sup>
<b>Volumen de tierras sobrantes</b>	<b>0,00 m<sup>3</sup></b>
<b>Volumen de RCDs Nivel II</b>	<b>0,00 m<sup>3</sup></b>

<b>Estimación de residuos en OBRA NUEVA: BASE PARA CT</b>	
Longitud de pozos	5,28 m
Ancho de pozos	4,38 m
Profundidad de pozos	0,56 m
Volumen total de pozos	12,95 m <sup>3</sup>
	0,00 m
	0,00 m
	0,00 m <sup>3</sup>

Volumen total de residuos	3,89 m <sup>3</sup>
<b>Volumen de tierras sobrantes</b>	<b>3,50 m<sup>3</sup></b>
<b>Volumen de RCDs Nivel II</b>	<b>0,39 m<sup>3</sup></b>

<b>Volumen TOTAL de RCDs Nivel II</b>	<b>1,11 m<sup>3</sup></b>
---------------------------------------	---------------------------

<b>Volumen TOTAL de Tierras sobrantes:</b>	<b>9,99 m<sup>3</sup></b>
--	---------------------------

Con el dato estimado de RCD por metro cuadrado de construcción y en base a los estudios realizados de la composición en peso de los RCD que van a vertederos, se consideran los siguientes pesos y volúmenes en función de la tipología de residuo:

Estimación de residuos:			
Volumen total de residuos Nivel II	1,11	m <sup>3</sup>	
Densidad tipo (entre 0,5 y 1,5 T/m <sup>3</sup> )	1,10	Tm/m <sup>3</sup>	
Toneladas de residuos Nivel II	1,22	Tm	
Volumen de tierras sobrantes Nivel I	9,99	m <sup>3</sup>	
Presupuesto estimado de la obra	31.136,88	€	
Presupuesto de movimiento de tierras en proyecto	685,01	€	( entre 1,00 - 2,50 % del PEM)

A.1.: RCDs Nivel I				
		Tm	d	V
Evaluación teórica del peso por tipología de RDC		Toneladas de RDC	Densidad tipo (entre 1,5 y 0,5)	m <sup>3</sup> Volumen de Tierras
<b>1. TIERRAS Y PÉTROS DE LA EXCAVACIÓN</b>				
Tierras y pétreos procedentes de la excavación estimados directamente desde los datos de proyecto		14,99	1,50	9,99

A.2.: RCDs Nivel II				
	%	Tm	d	V
Evaluación teórica del peso por tipología de RDC	% de peso	Toneladas de cada tipo de RDC	Densidad tipo (entre 1,5 y 0,5)	m <sup>3</sup> Volumen de Residuos
<b>RCD: Naturaleza no pétreo</b>				
1. Asfalto	0,050	0,06	1,30	0,05
2. Madera	0,040	0,05	0,60	0,08
3. Metales	0,025	0,03	1,50	0,02
4. Papel	0,003	0,00	0,90	0,00
5. Plástico	0,015	0,02	0,90	0,02
6. Vidrio	0,005	0,01	1,50	0,00
7. Yeso	0,002	0,00	1,20	0,00
<b>TOTAL estimación</b>	<b>0,140</b>	<b>0,17</b>		<b>0,18</b>
<b>RCD: Naturaleza pétreo</b>				
1. Arena Grava y otros áridos	0,040	0,05	1,50	0,03
2. Hormigón	0,120	0,15	1,50	0,10

3. Ladrillos , azulejos y otros cerámicos	0,540	0,66	1,50	0,44
4. Piedra	0,050	0,06	1,50	0,04
<b>TOTAL estimación</b>	<b>0,750</b>	<b>0,92</b>		<b>0,61</b>
<b>RCD: Potencialmente peligrosos y otros</b>				
1. Basuras	0,070	0,09	0,90	0,09
2. Potencialmente peligrosos y otros	0,040	0,05	0,50	0,10
<b>TOTAL estimación</b>	<b>0,110</b>	<b>0,13</b>		<b>0,19</b>
	<b>1,000</b>	<b>1,22</b>		

## Medidas para la prevención de generación de residuos

La primera prioridad respecto a la gestión de residuos es minimizar la cantidad que se genere. Para conseguir esta reducción, se han seleccionado una serie de medidas de prevención que deberán aplicarse durante la fase de ejecución de la obra:

- Todos los agentes intervinientes en la obra deberán conocer sus obligaciones en relación con los residuos y cumplir las órdenes y normas dictadas por la Dirección Técnica.
- Se deberá optimizar la cantidad de materiales necesarios para la ejecución de la obra. Un exceso de materiales es origen de más residuos sobrantes de ejecución.
- Se preverá el acopio de materiales fuera de zonas de tránsito de la obra, de forma que permanezcan bien embalados y protegidos hasta el momento de su utilización, con el fin de evitar la rotura y sus consiguientes residuos.
- Utilización de elementos prefabricados.
- Las arenas y gravas se acopian sobre una base dura para reducir desperdicios.
- Si se realiza la clasificación de los residuos, habrá que disponer de los contenedores más adecuados para cada tipo de material sobrante. La separación selectiva se deberá llevar a cabo en el momento en que se originan los residuos. Si se mezclan, la separación posterior incrementa los costes de gestión.
- Los contenedores, sacos, depósitos y demás recipientes de almacenaje y transporte de los diversos residuos deberán estar debidamente etiquetados.
- Se impedirá que los residuos líquidos y orgánicos se mezclen fácilmente con otros y los contaminen. Los residuos se deben depositar en los contenedores, sacos o depósitos adecuados.

Se adoptarán todas las medidas genéricas para la prevención y minimización de generación de residuos. Como medida especial, será obligatorio hacer un inventario de los posibles residuos peligrosos que se puedan generar en la obra. En ese caso se procederá a su retirada selectiva y entrega a gestores autorizados de residuos peligrosos.

En la fase de redacción del proyecto se deberá tener en cuenta distintas alternativas constructivas y de diseño que dará lugar a la generación de una menor cantidad de residuos.

Como criterio general se adoptarán las siguientes medidas genéricas para la prevención y minimización de generación de residuos, en distintas fases de la obra:

Prevención en tareas de demolición

# e-distribución

En la medida de lo posible, las tareas de demolición se realizarán empleando técnicas de desconstrucción selectiva y de desmontaje con el fin de favorecer la reutilización, reciclado y valorización de los residuos.

Como norma general, la demolición se iniciará con los residuos peligrosos, posteriormente los residuos destinados a reutilización, tras ellos los que se valoricen y finalmente los que se depositarán en vertedero.

## Prevención en la adquisición de materiales

La adquisición de materiales se realizará ajustando la cantidad necesaria a las mediciones reales de obra, ajustando al máximo las mismas para evitar la aparición de excedentes de material al final de la obra.

Se requerirá a las empresas suministradoras que reduzcan al máximo la cantidad y volumen de embalajes priorizando aquellos que minimizan los mismos.

Se primará la adquisición de materiales reciclables frente a otros de mismas prestaciones pero de difícil o imposible reciclado.

Se mantendrá un inventario de productos excedentes para la posible utilización en otras obras.

Se realizará un plan de entrega de los materiales en que se detalle para cada uno de ellos, la cantidad, fecha de llegada a obra, lugar y forma de almacenaje en obra, gestión de excedentes y en su caso gestión de residuos.

Se priorizará la adquisición de productos "a granel" con el fin de limitar la aparición de residuos de envases en obra.

Aquellos envases o soportes de materiales que puedan ser reutilizados como los palets, serán tratados de forma que se evite su deterioro y serán devueltos al proveedor.

Se incluirá en los contratos de suministro una cláusula de penalización a los proveedores que generen en obra más residuos de los previstos y que se puedan imputar a una mala gestión.

## Prevención en la Puesta en Obra

Se optimizará el empleo de materiales en obra evitando la sobredosificación o la ejecución con derroche de material especialmente de aquellos con mayor incidencia en la generación de residuos.

Los materiales prefabricados, por lo general, optimizan especialmente el empleo de materiales y la generación de residuos por lo que se favorecerá su empleo.

En la puesta en obra de materiales se intentará realizar los diversos elementos conforme al tamaño del módulo de las piezas que lo componen para evitar desperdicio de material.

Se vaciarán por completo los recipientes que contengan los productos antes de su limpieza o eliminación, especialmente si se trata de residuos peligrosos.

En la medida de lo posible se favorecerá la elaboración de productos en taller frente a los realizados en la propia obra que habitualmente generan mayor cantidad de residuos.

Se primará el empleo de elementos desmontables o reutilizables frente a otros de similares prestaciones no reutilizables.



Se agotará la vida útil de los medios auxiliares propiciando su reutilización en el mayor número de obras, para lo que se extremarán las medidas de mantenimiento.



Todo personal involucrado en la obra dispondrá de los conocimientos mínimos de prevención de residuos y correcta gestión de los mismos.

En concreto se pondrá especial interés en:

- La excavación se ajustará a las dimensiones específicas del proyecto, atendiendo a las cotas de los planos de cimentación.
- El hormigón suministrado será preferentemente de central. En caso de sobrantes se intentarán utilizar en otras ubicaciones como hormigones de limpieza, base de solados, relleno y nivelación de la parcela, etc.
- Para la cimentación y estructura, se pedirán los perfiles y barras de armadura con el tamaño definitivo.
- Los encofrados se reutilizarán al máximo, cuidando su desencofrado y mantenimiento, alargando su vida útil.
- Las piezas que contengan mezclas bituminosas se pedirá su suministro con las dimensiones justas, evitando así sobrantes innecesarios.
- Todos los elementos de la carpintería de madera se replantearán junto con el oficial de carpintería, optimizando su solución.
- En cuanto a los elementos metálicos y sus aleaciones, se solicitará su suministro en las cantidades mínimas y estrictamente necesarias para la ejecución, evitándose cualquier trabajo dentro de la obra a excepción del montaje de los kits prefabricados.
- Se calculará correctamente la cantidad de materiales necesarios para cada unidad de obra proyectada.
- El material se pedirá para su utilización más o menos inmediata, evitando almacenamiento innecesario.

## Prevención en el Almacenamiento en Obra

En caso de ser necesario el almacenamiento, éste se protegerá de la lluvia y humedad.

Se realizará un almacenamiento correcto de todos los acopios evitando que se produzcan derrames, mezclas entre materiales, exposición a inclemencias meteorológicas, roturas de envases o materiales, etc.

Se extremarán los cuidados para evitar alcanzar la caducidad de los productos sin agotar su consumo.

Los responsables del acopio de materiales en obra conocerán las condiciones de almacenamiento, caducidad y conservación especificadas por el fabricante o suministrador para todos los materiales que se recepcionen en obra.

En los procesos de carga y descarga de materiales en la zona de acopio o almacén y en su carga para puesta en obra se pueden producir percances con el material que convierten en residuos productos en perfecto estado. Es por ello que se extremarán las precauciones en estos procesos de manipulado.

Se realizará un plan de inspecciones periódicas de materiales, productos y residuos acopiados o almacenados para garantizar que se mantiene en las debidas condiciones.

Se pactará la disminución y devolución de embalajes y envases a suministradores y proveedores. Se potenciará la utilización de materiales con embalajes reciclados y elementos retornables. Así mismo se convendrá la devolución de los materiales sobrantes que sea posible.



## Medidas de separación en obra.

En base al artículo 5.5 del RD 105/2008, los RCD deberán separarse, para facilitar su valoración posterior, en las siguientes fracciones cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades:

<b>Hormigón</b>	<b>80,00 T</b>
<b>Ladrillos, tejas, cerámicos</b>	<b>40,00 T</b>
<b>Metales</b>	<b>2,00 T</b>
<b>Madera</b>	<b>1,00 T</b>
<b>Vidrio</b>	<b>1,00 T</b>
<b>Plásticos</b>	<b>0,50 T</b>
<b>Papel y cartón</b>	<b>0,50 T</b>

Con objeto de conseguir una mejor gestión de los residuos generados en la obra de manera que se facilite su reutilización, reciclaje o valorización y para asegurar las condiciones de higiene y seguridad requeridas en el artículo 5.4 del Real Decreto 105/2008, se tomarán las siguientes medidas:

Las zonas de obra destinadas al almacenaje de residuos quedarán convenientemente señalizadas y para cada fracción se dispondrá un cartel señalizador que indique el tipo de residuo que recoge.

Todos los envases que lleven residuos deben estar claramente identificados, indicando en todo momento el nombre del residuo, código LER, nombre y dirección del poseedor y el pictograma de peligro en su caso.

Las zonas de almacenaje para los residuos peligrosos habrán de estar suficientemente separadas de las de los residuos no peligrosos, evitando de esta manera la contaminación de estos últimos.

Los residuos se depositarán en las zonas acondicionadas para ellos conforme se vayan generando.

Los residuos se almacenarán en contenedores adecuados tanto en número como en volumen evitando en todo caso la sobrecarga de los contenedores por encima de sus capacidades límite.

Los contenedores situados próximos a lugares de acceso público se protegerán fuera de los horarios de obra con lonas o similares para evitar vertidos descontrolados por parte de terceros que puedan provocar su mezcla o contaminación.

Para aquellas obras en la que por falta de espacio no resulte técnicamente viable efectuar la separación de los residuos, ésta se podrá encomendar a un gestor de residuos en una instalación de RCD externa a la obra.

## Operaciones de reutilización, valorización o eliminación a que se destinarán los residuos generados en la obra



### Reutilización en la misma obra:

Es la recuperación de elementos constructivos completos con las mínimas transformaciones posibles.

Si se reutiliza algún otro residuo, habrá que explicar si se le aplica algún tratamiento.

Se potenciará la reutilización de los encofrados y otros medios auxiliares todo lo que sea posible, así como la devolución de embalajes, envases, etc.

### Valorización en la misma obra:

Son operaciones de deconstrucción y de separación y recogida selectiva de los residuos en el mismo lugar donde se producen.

Estas operaciones consiguen mejorar las posibilidades de valorización de los residuos, ya que facilitan el reciclaje o reutilización posterior. Son imprescindibles cuando se deben separar residuos potencialmente peligrosos para su tratamiento.

Si se valorizara algún residuo, habrá que explicar el proceso y la maquinaria a emplear.

### Eliminación residuos no reutilizables/Valorizables “in-situ”

El tratamiento o vertido de los residuos producidos en obra se realizará a través de una empresa de gestión y tratamiento de residuos autorizada para la gestión de los mismos.

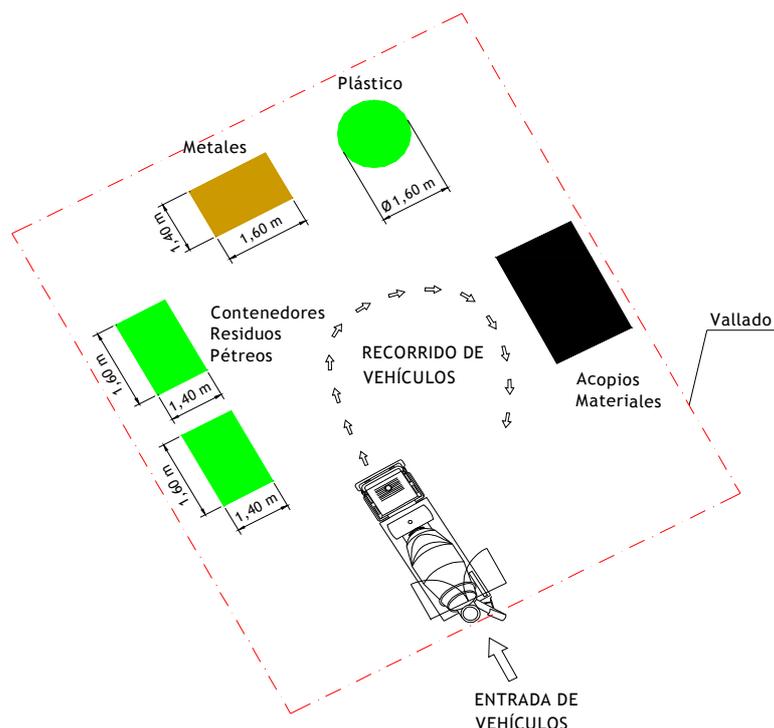
## Planos de las instalaciones previstas

Se debe aportar en el Estudio de Gestión de Residuos los planos de las instalaciones previstas para el almacenamiento, manejo y, en su caso, otras operaciones de gestión de los RCD en la obra, planos que posteriormente podrán ser objeto de adaptación a las características particulares de la obra y sus sistemas de ejecución, siempre con el acuerdo de la dirección de la obra.

Para una correcta gestión de los RCDs generados en la obra, se prevén las siguientes instalaciones para su almacenamiento y manejo:

- Acopios y/o contenedores de los distintos tipos de RCDs (pétreos, plásticos...).
- Zonas o contenedor para lavado de canaletas/ cubetas de hormigón.
- Contenedores para residuos urbanos.

A continuación se incluye, a nivel esquemático, el detalle de las instalaciones previstas:



## Pliego de condiciones

Con carácter General:

Prescripciones a incluir en el pliego de prescripciones técnicas del proyecto, en relación con el almacenamiento, manejo y, en su caso, otras operaciones de gestión de los RCD en obra.

### Gestión de RCD

Gestión de residuos según RD 105/2008, realizándose su identificación con arreglo a la Lista Europea de Residuos publicada por Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero o sus modificaciones posteriores.

La segregación, tratamiento y gestión de residuos se realizará mediante el tratamiento correspondiente por parte de empresas homologadas mediante contenedores o sacos industriales que cumplirán las especificaciones.

### Certificación de los medios empleados

Es obligación del contratista proporcionar a la Dirección de la obra y a la Propiedad los certificados de los contenedores empleados así como de los puntos de vertido final, ambos emitidos por entidades autorizadas y homologadas por la Comunidad Autónoma correspondiente.

### Limpieza de las obras

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus alrededores tanto de escombros como de materiales sobrantes, retirar las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como ejecutar todos los trabajos y adoptar las medidas que sean apropiadas para que la obra presente buen aspecto.

Con carácter Particular:

Prescripciones a incluir en el pliego de prescripciones técnicas del proyecto (se marcan aquellas que sean de aplicación a la obra)



	<p>Para los derribos: se realizarán actuaciones previas tales como apeos, apuntalamientos, estructuras auxiliares...para las partes o elementos peligrosos, referidos tanto a la propia obra como a los edificios colindantes.</p> <p>Como norma general, se procurará actuar retirando los elementos contaminados y/o peligrosos tan pronto como sea posible, así como los elementos a conservar o valiosos (cerámicos, mármoles...). Seguidamente se actuará desmontando aquellas partes accesibles de las instalaciones, carpinterías y demás elementos que lo permitan.</p>
x	<p>El depósito temporal de los escombros, se realizará bien en sacos industriales iguales o inferiores a 1m<sup>3</sup>, contadores metálicos específicos con la ubicación y condicionado que establezcan las ordenanzas municipales. Dicho depósito en acopios, también deberá estar en lugares debidamente señalizados y segregados del resto de residuos.</p>
	<p>El depósito temporal para RCD valorizables (maderas, plásticos, metales, chatarra...) que se realice en contenedores o acopios, se deberá señalar y segregar del resto de residuos de un modo adecuado.</p>
	<p>Los contenedores deberán estar pintados en colores que destaquen su visibilidad, especialmente durante la noche, y contar con una banda de material reflectante de al menos 15cm a lo largo de todo su perímetro.</p> <p>En los mismos deberá figurar la siguiente información: Razón social, CIF, teléfono del titular del contenedor / envase y el número de inscripción en el registro de transportistas de residuos. Esta información también deberá quedar reflejada en los sacos industriales y otros medios de contención y almacenaje de residuos.</p>
x	<p>El responsable de la obra a la que presta servicio el contenedor adoptará las medidas necesarias para evitar el depósito de residuos ajenos al mismo. Los contadores permanecerán cerrados, o cubiertos al menos, fuera del horario de trabajo, para evitar el depósito de residuos ajenos a la obra a la que prestan servicio.</p>
x	<p>En el equipo de obra deberán establecerse los medios humanos, técnicos y procedimientos para la separación de cada tipo de RCD.</p>
x	<p>Se atenderán los criterios municipales establecidos (ordenanzas, condiciones de licencia de obras...), especialmente si obligan a la separación en origen de determinadas materias objeto de reciclaje o deposición.</p> <p>En este último caso se deberá asegurar por parte del contratista realizar una evaluación económica de las condiciones en las que es viable esta operación, tanto por las posibilidades reales de ejecutarla como por disponer de plantas de reciclaje o gestores de RCD adecuados.</p> <p>La Dirección de Obra será la responsable de tomar la última decisión y de su justificación ante las autoridades locales o autonómicas pertinentes.</p>
	<p>Se deberá asegurar en la contratación de la gestión de los RCD que el destino final (planta de reciclaje, vertedero, cantera, incineradora...) son centros con la autorización autonómica de la Consejería de Medio Ambiente, así mismo se deberá contratar sólo transportistas o gestores autorizados por dicha Consejería e inscritos en el registro pertinente. Se llevará a cabo un control documental en el que quedarán reflejados los avales de retirada y entrega final de cada transporte de residuos</p>



x	La gestión tanto documental como operativa de los residuos peligrosos que se hallen en una obra de derribo o de nueva planta se regirán conforme a la legislación nacional y autonómica vigente y a los requisitos de las ordenanzas municipales Asimismo los residuos de carácter urbano generados en las obras (restos de comidas, envases...) serán gestionados acorde con los preceptos marcados por la legislación y autoridad municipal correspondiente.
	<p>Para el caso de los residuos con amianto se seguirán los pasos marcados por la Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos para poder considerarlos como peligroso o no peligrosos.</p> <p>En cualquier caso siempre se cumplirán los preceptos dictados por el RD 108/1991 de 1 de febrero sobre la prevención y reducción de la contaminación del medio ambiente producida por el amianto, así como la legislación laboral al respecto.</p>
x	Los restos de lavado de canaletas / cubas de hormigón serán tratadas como escombros
	Se evitará en todo momento la contaminación con productos tóxicos o peligrosos de los plásticos y restos de madera para su adecuada segregación, así como la contaminación de los acopios o contenedores de escombros con componentes peligrosos
	Las tierras superficiales que pueden tener un uso posterior para jardinería o recuperación de los suelos degradados serán retiradas y almacenada durante el menor tiempo posible en caballones de altura no superior a 2 metros. Se evitará la humedad excesiva, la manipulación y a contaminación con otros materiales

## Presupuesto



Para la elaboración del presupuesto del estudio de gestión de los residuos se usará el modelo siguiente o similar:

A.- ESTIMACION DEL COSTE DE TRATAMIENTO DE LOS RCDS					
Tipología RCDS	Estimación (m³)	Precio gestión en Planta / Vertedero / Cantera / Gestor (€/m³)	Importe (€)	Importe mínimo(€)	% del presupuesto de Obra
<b>A1 RCDS Nivel I</b>					
Tierras y pétreos de la excavación	9,99	8,00	79,94	<b>79,94</b>	0,2567%
Orden 2690/2006 CAM establece límites entre 40 - 60.000 €					<b>0,2567%</b>
<b>A2 RCDS Nivel II</b>					
RCDS Naturaleza Pétreo	0,61	20,00	12,21	20,00	0,0642%
RCDS Naturaleza No Pétreo (metales)	0,02	-105,00	-2,14	-2,14	-0,0069%
RCDS Naturaleza No Pétreo (resto)	0,16	23,00	3,66	23,00	0,0739%
RCDS Potencialmente peligrosos	0,19	30,00	5,78	30,00	0,0963%
Orden 2690/2006 CAM establece un límite mínimo del 0,2% del presupuesto de la obra					<b>0,2276%</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO PLAN GESTION RCDS</b>			99,45	<b>150,80</b>	<b>0,4843%</b>

Asciende el presupuesto de Gestión de Residuos a la cantidad de “**CIENTO CINCUENTA EUROS Y OCHENTA CÉNTIMOS**”

En Almería, Diciembre de 2019

**Fdo: D. Alejandro Rey-Stolle Degollada**  
**Ingeniero Industrial**

Col. 2116 del Colegio Oficial de Ingenieros Superiores Industriales de Andalucía Oriental



## Documento 8

### ANEXO II: INFORME DE CAMPOS MAGNÉTICOS

## Centro de Transformación Interior en Edificio Prefabricado en Superficie, de un Transformador

### 1. Objeto

El objeto de este estudio, es estimar las emisiones de campo magnético en el exterior accesible por el público, del centro de transformación tipo superficie en edificio prefabricado 24 kV. un transformador, perteneciente a ENDESA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA (EDE), con el propósito de comprobar el cumplimiento de los límites establecidos por la normativa vigente.

El centro de transformación tipo superficie en edificio prefabricado 24 kV un transformador, engloba centros de transformación, con una distribución similar a la calculada, con celdas blindadas de simple barra en MT, y niveles de tensión 10, 11, 13,2, 15 y 20 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 nuevo Reglamento limita los campos electromagnéticos en la proximidad de instalaciones de alta tensión, remitiendo al R.D. 1066/2001.

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

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

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

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

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

1. Norma UNE 20833 de abril de 1997: "Medida de los campos eléctricos a frecuencia industrial".
2. Norma UNE-EN 62110 de mayo de 2013. "Campos eléctricos y magnéticos generados por sistemas de alimentación en corriente alterna. Procedimientos de medida de los niveles de exposición del público en general".
3. Norma UNE-EN 61786-1 de octubre de 2014. "Medición de campos magnéticos en corriente continua, campos eléctricos y magnéticos en corriente alterna de 1 Hz a 100 kHz. Parte 1: Requisitos para los instrumentos de medida".
4. Norma IEC 61786-2 de diciembre de 2014. "Measurement of DC magnetic, AC magnetic and AC electric fields from 1 Hz to 100 kHz with regard to exposure of human beings. Part 2: Basic standard for measurements.

•

## 4. 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 del vallado y a una altura de 1 m, según UNE-EN 62110. De igual forma, se facilita el cálculo del campo B en toda la superficie de la instalación a una altura de 1 m a efectos informativos.

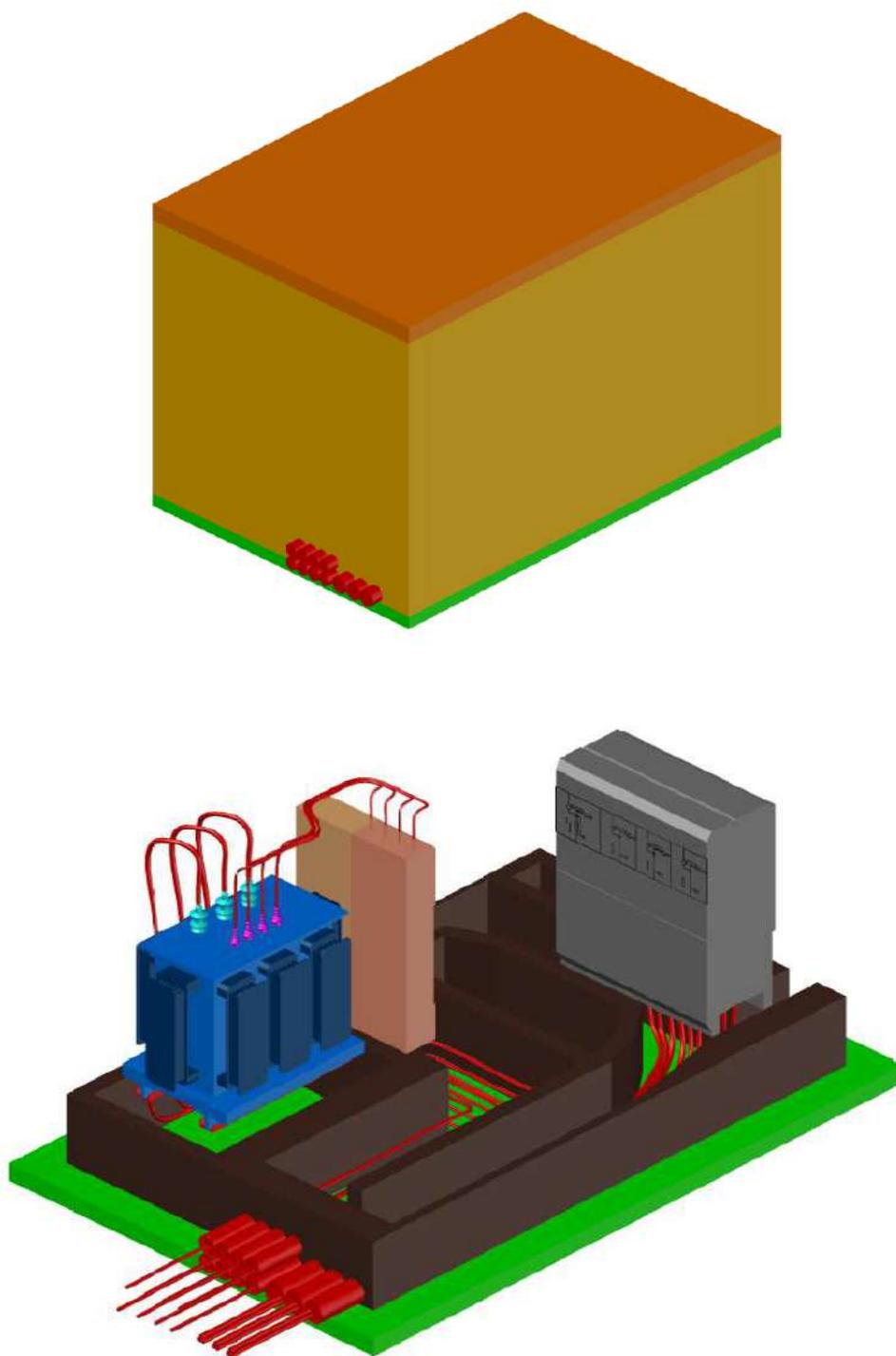


Fig. 1: Vistas 3D del centro de transformación tipo en edificio con fachada estrecha

•

## 5. Características de la instalación y datos de cálculo

El centro de transformación tipo en edificio con fachada estrecha 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
- Superficie: 21.7 m<sup>2</sup>

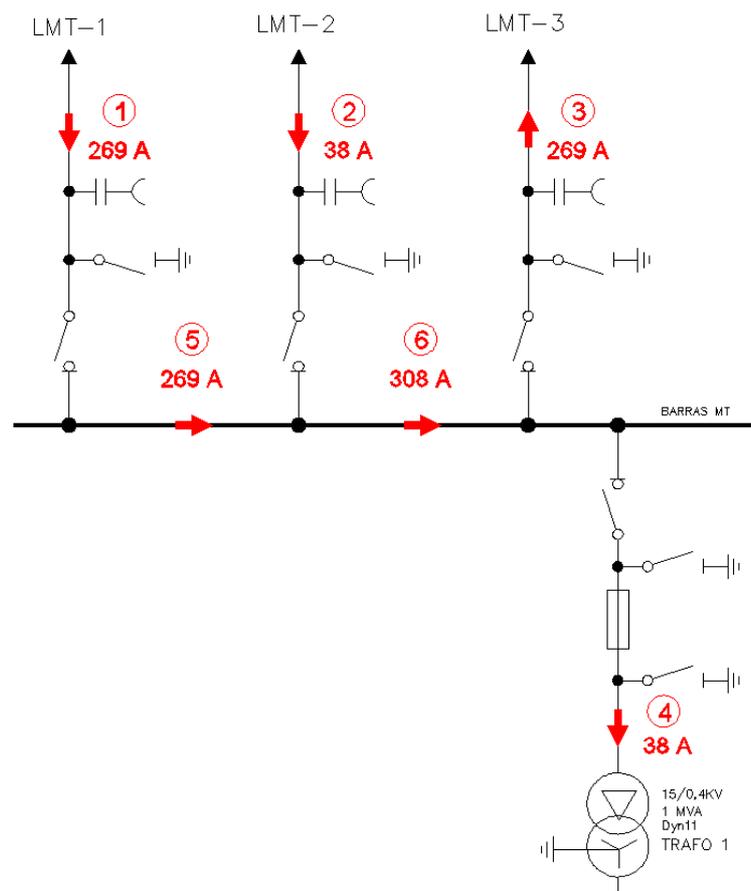


Fig. 2: Unifilar nivel de tensión 15 kV con intensidades consideradas

### Nivel de 0.4 kV.

- Tipo: Interior
- Topología: Simple barra.
- Posiciones de línea: 8
- Posiciones de transformador : 1
- Posiciones de barras: 1
- Posiciones de acoplo: 0
- Posiciones de remonte: 0

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 n 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.

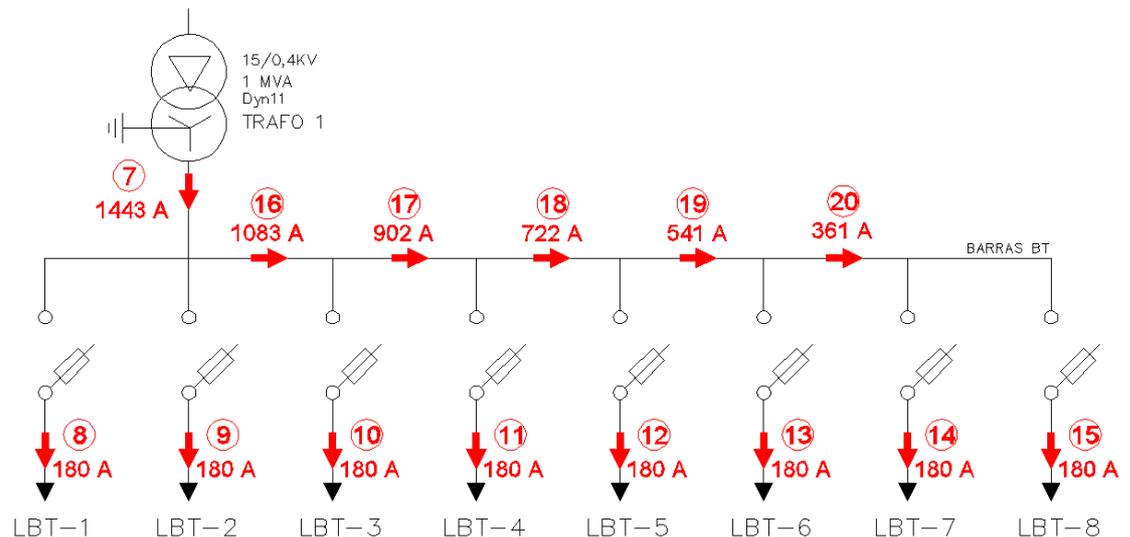


Fig. 3: Unifilar nivel de tensión 0.4 kV con intensidades consideradas

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

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	1083	30	Trifásica equilibrada
B1 0,4 kV : Línea 3- Línea 4	17	902	30	Trifásica equilibrada
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.

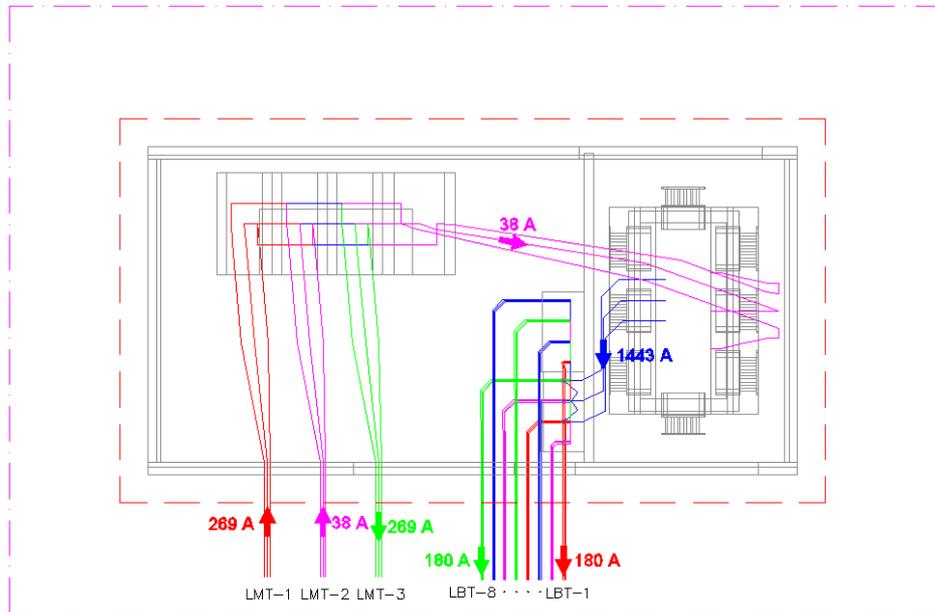


Fig. 4 Intensidades estimadas para cálculo de campo magnético.

## 6. 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 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.

de campo magnético calculados y representados serán superiores a los que se  
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.

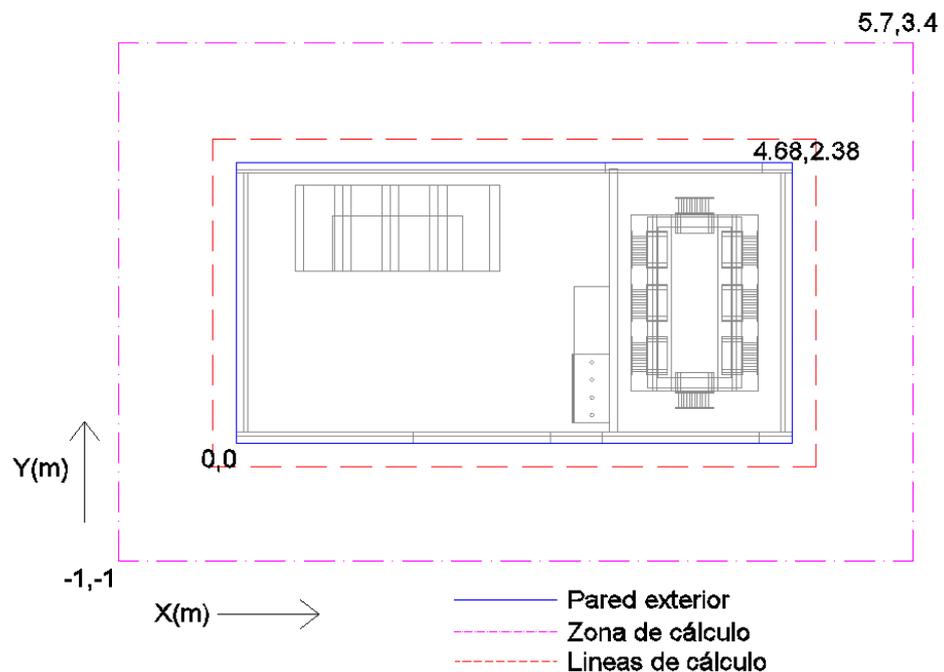


Fig. 5 Pared exterior y zonas límite del cálculo

Los valores más elevados de campo en el exterior se producen en la zona cercana a los cuadros de BT, siendo de  $98 \mu\text{T}$ . Se dispone de una pared de ladrillo de 20cm y recubrimiento de lana de roca que minimiza la posibilidad de superar dichos niveles.

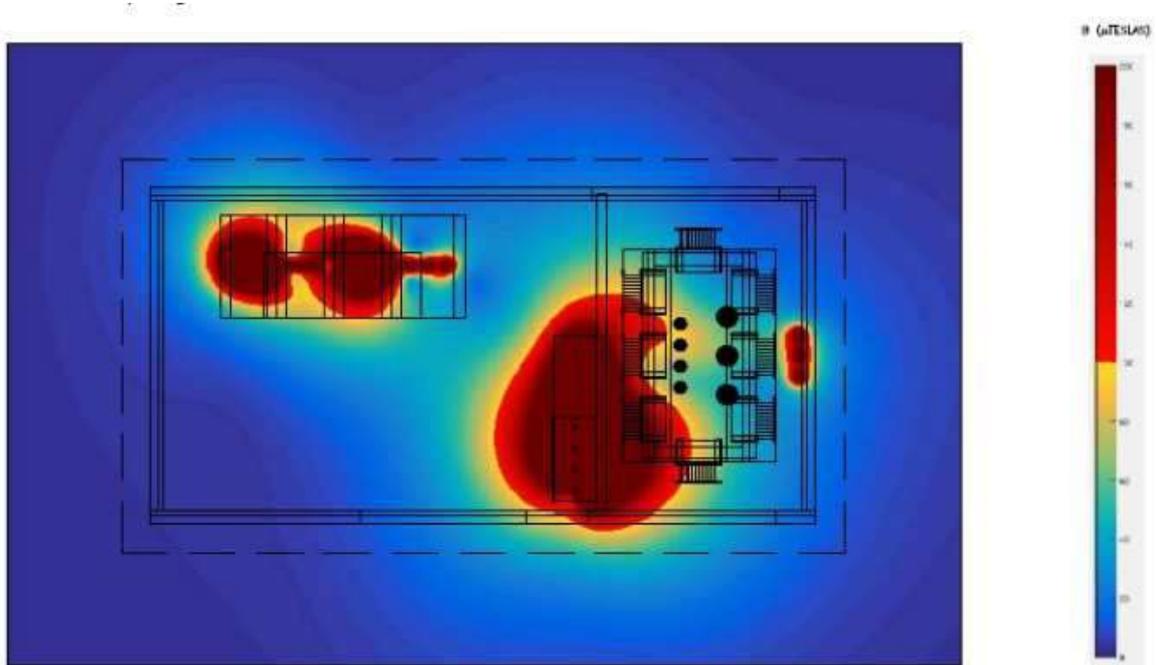
## 7. Conclusiones

Como conclusión de la simulación y cálculo realizado del campo magnético generado debido a la actividad del centro de transformación tipo en edificio con fachada estrecha, 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. En caso de realización de mediciones de comprobación se realizarán medidas correctoras de protección si es necesario.

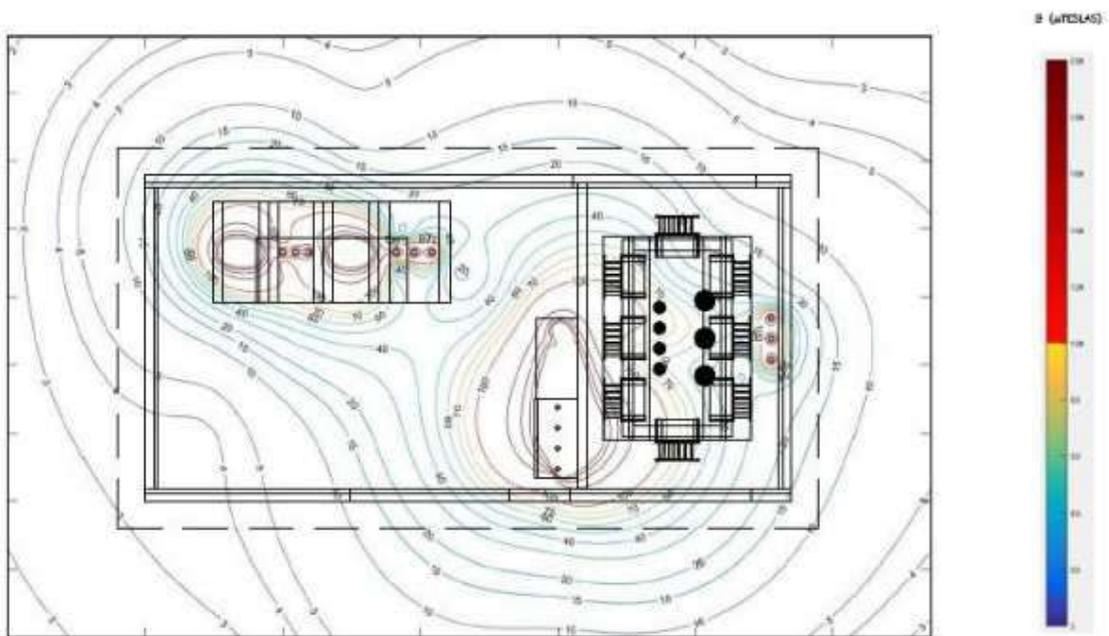
## 8. REFERENCIAS

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

Campo magnético 1m sobre el suelo del CT

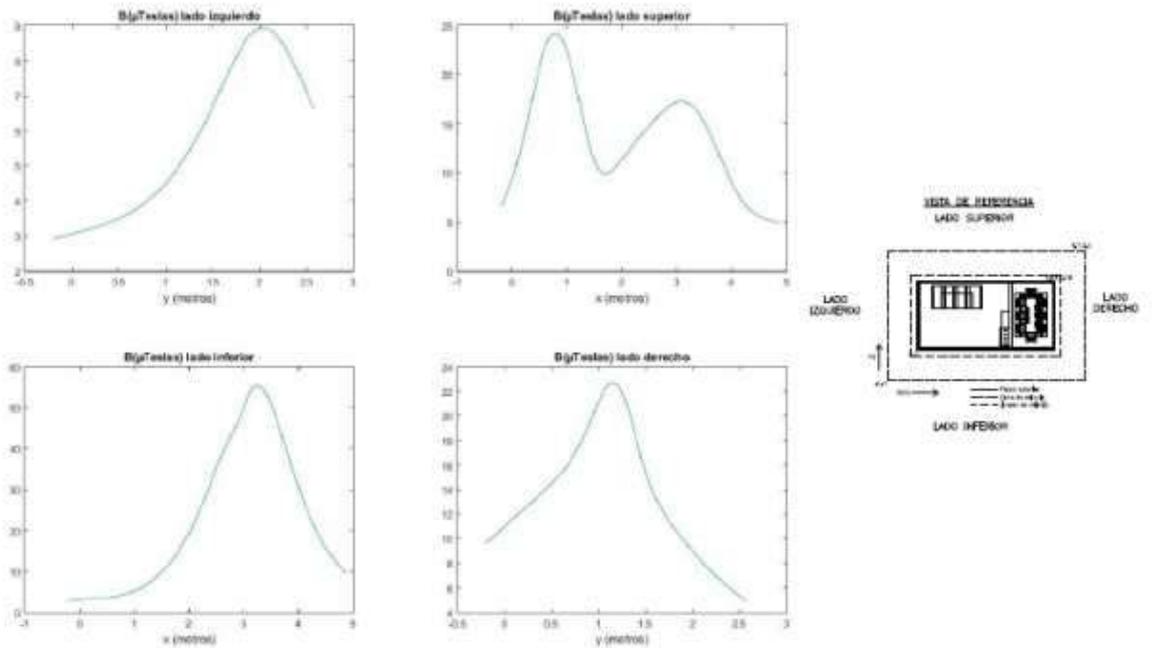


Campo magnético 1m sobre el suelo del CT. Isolíneas



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

CAMPO MAGNÉTICO (µTESLAS) A 0,2 METROS EXTERIOR A LA PARED  
(LÍNEAS DISCONTINUAS EN VISTA DE REFERENCIA) Y UN METRO SOBRE EL SUELO





El Ingeniero Técnico Industrial **D. Alejandro Rey-Stolle Degollada**, nº 2116 del Colegio Oficial de Ingenieros Superiores Industriales de Andalucía Oriental, autor del Proyecto de **NUEVO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADO PFU-3 Y CONEXIÓN CON LSMT "LAUREL" SUBESTACIÓN "LOSVELEZ" SITO EN PARAJE SERRANOS TM.VÉLEZ-RUBIO. ALMERÍA** con el visado electrónico con número y fecha indicados.

### RENUNCIA

A la Dirección Técnica de Obra o Anexos de las instalaciones referidas en el presente proyecto.

En Almería, Diciembre de 2.019

**Fdo: D. Alejandro Rey-Stolle Degollada**  
**Ingeniero Industrial**

Col. 2116 del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Andalucía Oriental.

