



**Universidad
Europea**

ESTRUCTURA Y FORMATO DEL TRABAJO FIN DE GRADO

**UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID
ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO
ÁREA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

CURSO ACADÉMICO 2022-2023



**UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID
ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO**

ÁREA INGENIERÍA INDUSTRIAL

GRADO EN INGENIERÍA EN SISTEMAS INDUSTRIALES HCAP

TRABAJO FIN DE GRADO

**DIGITALIZACIÓN DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN: TELEGESTION,
SUPERVISIÓN AVANZADA Y REGULACIÓN TELEMÁTICA DE LA CARGA
DEL TRANSFORMADOR**

Alumno: D. JOSE ANTONIO MARTINEZ MORENO

Director: D. DANIEL GARCIA MARTINEZ

JUNIO 2023

TÍTULO: DIGITALIZACIÓN DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN:

TELEGESTION, SUPERVISIÓN AVANZADA Y REGULACIÓN TELEMÁTICA DE LA

CARGA DEL TRANSFORMADOR

AUTOR: JOSE ANTONIO MARTÍNEZ MORENO

DIRECTOR DEL PROYECTO: DANIEL GARCÍA MARTÍNEZ

FECHA: xx de JUNIO de 2023

RESUMEN

La infraestructura de la **red de distribución** eléctrica es la responsable de transportar la energía eléctrica desde las subestaciones transformadoras (ST), a las cuales llega mediante la red de transporte, hasta el cliente final.

Diferenciamos dos niveles de tensión según el R.D. 1955/2000 de 1 de diciembre:

- BT: Tensión inferior o igual a 1Kv.
- AT: Tensión superior a 1Kv.

Para acotar de mejor manera la tensión en este proyecto, vamos a hacer otra partición de la tensión que vamos a conocer como Media tensión (MT) y que va a comprender suministros de entre 3 y 30 Kv, con la que vamos a conectar las STs con los Centros de Transformación (CT) y, a su vez, entre los diversos CTs que componen la Red de Distribución.

En estos Cts se reduce la tensión de MT a BT mediante un transformador ya sea a 120/230v o 230/400v, tensión que llegará al cliente final.

Teniendo en cuenta la orden ITC/3860/2007 de 28 de diciembre, donde se estipula que, *“todos los contadores de medida en suministros de energía eléctrica con una potencia contratada de hasta 15KW deberán ser sustituidos por nuevos equipos que permitan la discriminación horaria y la telegestión”* [1], se presenta una oportunidad de crear un sistema de telegestión, mediante la utilización de tecnologías de comunicación, que nos permita ofrecer nuevos servicios y mejoras en la calidad de suministro, ya que convertiremos la red de distribución convencional e una nueva **“red inteligente”** llamada **“Smart Grid”**.

En una primera parte de este proyecto se hará una presentación de las infraestructuras e instalaciones que componen o pueden componer la red de distribución, además de las diferentes tecnologías de implementación en la red con el fin de **telegestionar**, **supervisar** y **automatizar** los equipos. De la misma manera, en esta parte, se presentarán las características de un tipo de transformador reductor denominado OLTC.

En una segunda parte de este proyecto se realizará un proyecto real de un CT que ya contará con un transformador OLTC de **regulación en carga**, además de todos los elementos para la optimización de la red de distribución eléctrica.

ABSTRACT

The infrastructure of the electrical distribution network is responsible for transporting electrical energy from the transformer substations (ST), which it reaches through the transmission network, to the end customer.

We differentiate two voltage levels according to the R.D. 1955/2000 of December 1:

- BT: Voltage less than or equal to 1Kv.
- AT: Voltage greater than 1Kv.

To better delimit the voltage in this project, we are going to make another partition of the voltage that we are going to know as Medium Voltage (MV) and that will include supplies between 3 and 30 Kv, with which we are going to connect the STs with the Transformation Centers (CT) and, in turn, between the various TCs that make up the Distribution Network.

In these Cts the voltage is reduced from MT to BT by means of a transformer to either 120/230v or 230/400v, voltage that will reach the end customer.

Taking into account the order ITC/3860/2007 of December 28, where it is stipulated that, "all meter meters in electrical energy supplies with a contracted power of up to 15KW must be replaced by new equipment that allows time discrimination and remote management" [1], there is an opportunity to create a remote management system, through the use of communication technologies, which allows us to offer new services and improvements in the quality of supply, since we will convert the conventional distribution network into a new "smart grid" called "Smart Grid".

In the first part of this project, there will be a presentation of the infrastructures and facilities that make up or can make up the distribution network, in addition to the different technologies for implementation in the network in order to remotely manage, supervise and automate the equipment. In the same way, in this part, the characteristics of a type of step-down transformer called OLTC will be presented.

In a second part of this project, a real project of a CT will be carried out that will already have an OLTC load regulation transformer, in addition to all the elements for the optimization of the electrical distribution network.

Índice

RESUMEN	4
ABSTRACT	5
Capítulo 1. INTRODUCCIÓN	13
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO	14
1.3 ESTRUCTURA DEL PROYECTO	15
Capítulo 2. RED DE DISTRIBUCIÓN ELECTRICA	16
2.1 INTRODUCCIÓN:	16
2.2 CENTROS DE TRANSFORMACIÓN (CT)	17
2.2.1 ENVOLVENTE.....	17
2.2.2 CELDAS DE MEDIA TENSIÓN (MT).....	17
2.2.2.1.1 CLASIFICACIÓN:	18
2.2.2.1.2 SEGÚN LA ENVOLVENTE. [6] [5]	18
2.2.2.1.3 SEGÚN EL AISLAMIENTO [6] [5]:	19
2.2.2.1.4 SEGÚN SU CONECTABILIDAD:	20
2.2.2.1.5 SEGÚN SU FUNCIÓN [6] [5]:	21
2.2.3 TRANSFORMADORES:	21
2.2.4 CUABROS DE BAJA TENSIÓN (CBT):	22
2.3 CLASIFICACIÓN de CT:	22
2.3.1 SEGÚN SU ENVOLVENTE EXTERIOR:	22
2.3.2 SEGÚN SU ALIMENTACIÓN:	23
2.3.3 SEGÚN SU EMPLAZAMIENTO:.....	24
Capítulo 3. RED DE COMUNICACIONES.	26
3.1 INTRODUCCIÓN:	26
3.2 FUNCIONALIDADES Y ARQUITECTURA DE COMUNICACIONES EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN	26
3.3 TECNOLOGÍA PLC [13]	28
3.4 EQUIPOS:	28
3.4.1 EQUIPOS DE COMUNICACIONES I (BT):	28
3.4.2 EQUIPOS DE COMUNICACIONES II (MT): [14]	31
3.4.3 EQUIPOS DE COMUNICACIONES III (Telegestión): [14]	32
3.4.4 EQUIPOS DE COMUNICACIONES IV (Supervisión de MT):	33
3.4.5 EQUIPOS DE COMUNICACIONES V (Automatización): [14]	35
3.4.6 EQUIPOS DE COMUNICACIONES VI (Alimentación auxiliar): [14]	37
3.5 SUPERVISIÓN AVANZADA DE BT:	38

Capítulo 4. TRANSFORMADOR OLTC DE DISTRIBUCIÓN.....	39
4.1 INTRODUCCIÓN:	39
4.2 CASOS DE USO:	40
4.2.1 Reducción de la interrupción del suministro eléctrico:.....	40
4.2.2 Estabilización de redes volátiles:	40
4.3 TRANSFORMADOR OLTC (I-TRAFO):.....	41
4.3.1 ELEMENTOS PRINCIPALES:.....	41
4.3.1.1 Transformador:	42
4.3.1.2 Dispositivo OLTC:.....	42
4.3.1.3 Cajón de control:.....	44
4.4 DIRECCIONAMIENTO DE LAS COMUNICACIONES EN LA SMART GRID:.....	48
Capítulo 5. MEMORIA	49
5.1 PRELIMINAR:	49
5.1.1 OBJETO:.....	49
5.1.2 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO:	49
5.1.3 PREVISIÓN DE POTENCIA:	50
5.2 REGLAMENTO APLICABLE:.....	50
5.2.1 NORMAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO (ITC-LAT 02):	54
5.3 DISPOSICIONES OFICIALES.....	56
5.4 DEMANDA DE POTENCIA:.....	57
5.5 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CT: [29] [31] [32] [33] [30]	57
5.5.1 CARACTERÍSTICAS DEL LOCAL:.....	58
5.5.2 UBICACIÓN Y ACCESOS. [31]	58
5.5.3 ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS: [29] [31] [30]	59
5.5.4 DIMENSIONES:	61
5.5.5 VENTILACION:	61
5.5.6 CARPINTERIA:.....	62
5.5.7 DEFENSA DEL TRANSFORMADOR: [33].....	62
5.5.8 INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL ALUMBRADO:.....	63
5.5.9 ACOMETIDA DE CABLES:.....	63
5.6 CELDAS DE A.T.: [34]	64
5.7 TRANSFORMADOR: [29] [33]	66
5.7.1 CAJON DE CONTROL:	67
5.8 CUADRO DE BT: [32].....	68
5.9 INTERCONEXIÓN CELDAS/TRANSFORMADOR: [34] [33]	68
5.10 INTERCONEXIÓN TRANSFORMADOR/CBTO:	69
5.11 FUSIBLES LIMITADORES:.....	69
5.12 AUTOMATIZACIÓN, TELEGESTIÓN Y COMUNICACIONES:	69
5.12.1 ARMARIO TELEGESTIÓN ATG-I- 1BT -MT-PLC+ acoples PLC:	69
5.12.2 CONCENTRADOR SPV-BT. ATG	71
5.12.3 ROUTER GPRS.	71
5.12.4 CARGADOR / RECTIFICADOR	72
5.12.5 SWITCH	72

5.12.6	PLC MT (API).....	72
5.12.7	ACOPLO DE MT.....	73
5.12.8	ANTENA COMUNICACIONES 3G-GPRS-OMNI-EXT.....	73
5.13	INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA (PaT):.....	74
5.14	RUIDOS Y VIBRACIONES: [35]	74
5.15	ESQUEMAS ELECTRICOS:	75
5.16	OTROS MATERIALES (SEGURIDAD Y PRIMEROS AUXILIOS):	75
5.17	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LÍNEA SUBTERRANEA DE MEDIA TENSIÓN (LSMT):.....	76
5.17.1	CONDUCTORES: [18] [29] [30] [36]	76
5.17.1.1	TIPO DE CABLE:	76
5.17.2	INTENSIDADES ADMISIBLES:.....	77
5.17.3	ACCESORIOS (EMPALMES Y TERMINALES): [37]	77
5.17.4	INSTALACIÓN DE CABLES AISLADOS:.....	78
5.17.4.1	CANALIZACIONES:.....	78
5.17.4.1.1	CANALIZACIÓN ENTUBADA:	79
5.17.4.2	CRUZAMIENTOS:.....	79
5.17.4.3	PARALELISMOS:	81
5.17.5	PUESTA A TIERRA DE CUERTAS METÁLICAS:.....	82
5.17.6	ENSAYOS ELÉCTRICOS:.....	82
5.18	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LÍNEA SUBTERRANEA DE BT: [38]	83
5.18.1	CONDUCTORES:.....	83
5.18.1.1	TIPO DE CABLE: [39].....	83
5.18.2	CAJAS GENERALES DE PROTECCIÓN (CGP): [40]	84
5.18.3	ACCESORIOS (TERMINALES Y EMPALMES): [41]	85
5.18.4	CANALIZACIONES:.....	87
5.18.5	PROTECCIONES:	87
5.18.6	PUESTA A TIERRA DE NEUTRO (PaTN): [16]	88
5.18.7	ENSAYOS ELÉCTRICOS:.....	88
Capítulo 6.	CÁLCULOS ELÉCTRICOS.	89
6.1	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS ELÉCTRICOS DE LA LINEA SUBTERRÁNEA DE MT.	89
6.2	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS. LINEA SUBTERRÁNEA DE BT.	94
6.3	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS ELÉCTRICOS DEL CT:.....	98
6.3.1	CARACTERÍSTICAS DE LA RED.....	98
6.3.2	CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO.....	98
6.3.3	PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN.....	98
6.3.3.1	CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.	99
6.3.4	PUESTA A TIERRA DE SERVICIO (NEUTRO).....	101
6.3.4.1	CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.	101
6.3.5	CÁLCULO DE TENSIONES EN EL EXTERIOR DEL CT.	102
6.3.6	CÁLCULO DE TENSIONES EN EL INTERIOR DEL CT.	102
6.3.7	CÁLCULO DE TENSIONES APLICADAS.....	103
6.3.8	TENSIÓN DE PASO EN EL EXTERIOR DEL CT.	103
6.3.9	TENSIÓN DE PASO EN EL ACCESO AL CT.	104
6.3.10	TENSIONES TRANSFERIBLES AL EXTERIOR.....	104
Capítulo 7.	PRESUPUESTO.....	106
Capítulo 8.	PLIEGO DE CONDICIONES:.....	108

ESPECIFICACIONES DE MATERIALES Y EQUIPOS.....	109
ESPECIFICACIONES DE EJECUCIÓN.....	110
Capítulo 9. CONCLUSIONES:	111
Capítulo 10. BIBLIOGRAFÍA.....	112
ANEXO 1: PLANOS	115

Índice de Ilustraciones

<i>Ilustración 1: Red de Distribución Eléctrica</i>	16
<i>Ilustración 2: Centro de transformación</i>	17
<i>Ilustración 3: Celda MT convencional</i>	18
<i>Ilustración 4: Celda MT Envolvente Metálica</i>	18
<i>Ilustración 5: Celdas MT corte/aislamiento al aire</i>	19
<i>Ilustración 6: Celdas MT corte/aislamiento SF6</i>	19
<i>Ilustración 7: Celdas MT extensibles.</i>	20
<i>Ilustración 8: Celdas MT no extensibles.</i>	20
<i>Ilustración 9: Transformador.</i>	21
<i>Ilustración 10: CBT.</i>	22
<i>Ilustración 11: CT convencional.</i>	22
<i>Ilustración 12: CT prefabricado hormigón.</i>	23
<i>Ilustración 13: Topología CT según alimentación.</i>	23
<i>Ilustración 14: CT tipo lonja.</i>	24
<i>Ilustración 15: CT subterráneo.</i>	24
<i>Ilustración 16: CT Intemperie.</i>	25
<i>Ilustración 17: Esquema resumen de comunicaciones.</i>	27
<i>Ilustración 18: ATG (Iberdrola)</i>	28
<i>Ilustración 19: Switch.</i>	29
<i>Ilustración 20: Router.</i>	29
<i>Ilustración 21: Antena Omnidireccional interior.</i>	30
<i>Ilustración 22: Antena exterior Plana.</i>	30
<i>Ilustración 23: Equipo de inyección PLC.</i>	31
<i>Ilustración 24: Equipo de inyección PLC.</i>	31
<i>Ilustración 25: Acoplos PLC aire y SF6</i>	31
<i>Ilustración 26: COncentrador PRIME</i>	32
<i>Ilustración 27: Concentrador ZIV</i>	32
<i>Ilustración 28: TI 1200/5 A</i>	32
<i>Ilustración 29: UPA Artech.</i>	33
<i>Ilustración 30: Undersens MT.</i>	34
<i>Ilustración 31: Plugsens MT.</i>	34
<i>Ilustración 32: Plugcom PLC</i>	35
<i>Ilustración 33: Cuadro armario automatización.</i>	36
<i>Ilustración 34: Sensor tensión + PLC (2)</i>	36
<i>Ilustración 35: Sensor tensión + PLC (1)</i>	36
<i>Ilustración 36: Cargador/rectificador de batería ZIV.</i>	37
<i>Ilustración 37: Batería Cyclon.</i>	37
<i>Ilustración 38: Configuración típica SPBT en CBT</i>	38
<i>Ilustración 39: Transformador OLTC.</i>	39
<i>Ilustración 40: Trafo con cambiador tomas manual.</i>	40
<i>Ilustración 41: Evolucion RDE.</i>	41
<i>Ilustración 42: i-trafo</i>	42
<i>Ilustración 43: Trafo OLTC</i>	43
<i>Ilustración 44: Dispositivo OLTC.</i>	43
<i>Ilustración 45: Interior Cajón de Control.</i>	44
<i>Ilustración 46: Frente Unidad Control OLTC</i>	44
<i>Ilustración 47: Conexiones Unidad Control OLTC</i>	44
<i>Ilustración 48: Unidad Control TPL</i>	45
<i>Ilustración 49: Bornero de conexión.</i>	45
<i>Ilustración 50: Trafo aislamiento OLTC.</i>	46

<i>Ilustración 51: Configuración estándar cajón de control.</i>	46
<i>Ilustración 52: Cajón Control Básico</i>	46
<i>Ilustración 53: Cajón Control Estándar</i>	47
<i>Ilustración 54: Cajón Control Avanzado.</i>	47
<i>Ilustración 55: Comunicación entre elementos smart grid.</i>	48
<i>Ilustración 56: Celdas de MT CGMCosmos</i>	65
<i>Ilustración 57: Transforma.smart Ormazabal/cotradis</i>	66
<i>Ilustración 58: Cajón de control OLTC</i>	67
<i>Ilustración 59: Esquema Unifila CBTO</i>	68
<i>Ilustración 60: CBTO-AS8</i>	68
<i>Ilustración 61: Fusible limitador MT</i>	69
<i>Ilustración 62: Esquema conexión comunicaciones CT</i>	70
<i>Ilustración 63: Concentrador ZIV</i>	71
<i>Ilustración 64: Router TELDAT</i>	71
<i>Ilustración 65: Cargador / Rectificador Zigor</i>	72
<i>Ilustración 66: Switch ZIV</i>	72
<i>Ilustración 67: API Corinex</i>	72
<i>Ilustración 68: Acoplo MT</i>	73
<i>Ilustración 69: Antena comunicaciones.</i>	73
<i>Ilustración 70: Esquema unifilar Nuevo CT</i>	75
<i>Ilustración 71: Cable HEPRZ1</i>	77
<i>Ilustración 72: Canalización GAS.</i>	81
<i>Ilustración 73: Constitución conductor BT.</i>	84
<i>Ilustración 74: CGP esquema 7 y 10.</i>	85
<i>Ilustración 75: Terminal de apriete mecánico.</i>	85
<i>Ilustración 76: Conector empalme BT.</i>	86
<i>Ilustración 77: Conector de derivación en BT</i>	87
<i>Ilustración 78: Esquema unifilar separación de unión de tierras.</i>	104

Índice de Tablas

<i>Tabla 1: Tensiones normalizadas MT. normalizadas BT.</i>	<i>Tabla 2: Tensiones</i>	21
<i>Tabla 3: Previsión de potencias nuevo CT</i>		50
<i>Tabla 4: Dimensiones nuevo CT</i>		61
<i>Tabla 5: Características eléctricas transforma.smart</i>		67
<i>Tabla 6: Características cable MT (1)</i>		77
<i>Tabla 7: Características cable MT (2)</i>		77
<i>Tabla 8: Temperatura máxima admisible para cable seco</i>		77
<i>Tabla 9: Distancias canalizaciones Gas</i>		80
<i>Tabla 10: Paralelismos conducciones GAS</i>		82
<i>Tabla 11: Características terminales BT.</i>		86
<i>Tabla 12: Características conector de empalme BT</i>		86
<i>Tabla 13: Características conectores de derivación BT.</i>		87
<i>Tabla 14: Características Fusibles BT</i>		87
<i>Tabla 15: Tª máx. asignada al conductor.</i>		89
<i>Tabla 16: Intensidades máx. admisibles cables MT</i>		89
<i>Tabla 17: Intensidades máx. de cc de conductores de aluminio MT</i>		89
<i>Tabla 18: Resumen cálculos justificativos BT.</i>		97
<i>Tabla 19: Tensión de contacto aplicada</i>		103
<i>Tabla 20: NI utilizadas</i>		109

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto aborda los retos asociados a la gestión remota de contadores instalados donde haya contratos que no superen los 15 KW, además de presentarse una ocasión en la que podemos transformar la red de distribución eléctrica tradicional en una, ya digital e inteligente mediante la incorporación a la misma de las nuevas tecnologías, adecuándola, de esa manera a las necesidades actuales de la sociedad y mejorando sustancialmente la calidad de suministro, lo que va a permitir que los clientes finales puedan gestionar su consumo eficientemente y , por ende, reducir las emisiones de CO₂ .

Es necesario realizar actuaciones e inversiones en infraestructuras de redes de distribución e instalaciones eléctricas, que nos permitan desarrollar un sistema de telegestión, el cual contará con equipos electrónicos de última generación, que van a facilitar el desarrollo de una red de comunicaciones la que aportará, a tiempo real, una ingente cantidad de información sobre la que se basará la red de distribución inteligente.

Para facilitar la comprensión del proyecto, se irá recorriendo los entornos más comunes de composición de la red y, a su vez, los materiales y equipos que se pueden instalar en ella y que forman parte del sistema de comunicación.

Podemos marcar como objetivo, la redacción y descripción de un proyecto que podríamos denominar *real*, en que se implementen los equipos anteriormente mencionados.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Ministerio de Industria, Turismo y Comercio decidió mediante la “*Orden ITC/3860/2007, de 28 de diciembre, en su Disposición Adicional Primera, que todos los contadores de los suministros de energía eléctrica con una potencia contratada de hasta 15 KW deberán ser sustituidos por nuevos equipos antes del 31 de diciembre de 2018, permitiendo la discriminación horaria y la telegestión (capacidad de lectura de contadores y cambio de condiciones de contratación)*”ⁱ. [1]

Los nuevos equipos de medida vienen definidos por el Real Decreto “*RD 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el reglamento unificado de los puntos de medida del sistema eléctrico*” [2], y deben tener las siguientes características:

- Lecturas remotas de registros de potencia y energía, así como registros de energía activa y reactiva.
- La lectura a distancia de registros de parámetros de calidad.
- Tiene la capacidad de controlar 6 periodos programables y permite la discriminación horaria.

- Parametrización remota del hardware de medida, que incluye la configuración de las ventanas de discriminación horaria y la potencia contratada.
- Registrar y guardar las curvas horarias de energía reactiva y activa durante tres meses.
- Gestión de la potencia contratada (sistema de gestión de potencia).
- Sincronización remota con los concentradores de forma periódica.
- Reconexión después de un apagado remoto.
- capacidad para la gestión de carga.

Por otro lado, la incorporación a las redes de distribución de los denominados DER (Recursos Energéticos Distribuidos) como pueden ser energías renovables tanto en pequeña como mediana escala, los sistemas de almacenaje de energía, los vehículos eléctricos, sin olvidar el cada vez más extendido autoconsumo mediante placas fotovoltaicas, están llevando a aumento de las tensiones de consigna establecidas tanto en media tensión (MT) como en baja tensión (BT), lo cual requiere y va a requerir un costo refuerzo de la red de distribución para intentar subsanar el problema.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo principal del proyecto es dar cumplimiento a la orden ITC/3860/2007 con la adecuación de los contadores de medida, así como un primer intento de contrarrestar los efectos en la tensión de los DER y EV (Vehículos eléctricos), pero al mismo tiempo se pretende explotar la oportunidad de proveer a la red de distribución eléctrica de equipos de última generación, evolucionando hacia una red inteligente con las grandes ventajas que esta tiene:

- Mejorar la calidad del suministro eléctrico: Podemos minimizar las interrupciones del suministro al tener control remoto sobre las instalaciones e información en tiempo real sobre las mismas. Como resultado, las emisiones de CO₂ se reducirán debido a un aumento en la eficiencia energética.
- Impulsar el servicio al cliente: permitir que los clientes administren su consumo de manera más efectiva para reducir sus facturas. El cliente recibirá lecturas precisas cada mes en lugar de estimaciones. Además, la nueva tecnología de medición pondrá a disposición una gran cantidad de opciones e información útiles. El cliente tendrá un acceso más fácil para cambiar los términos de su contrato al otorgar a la compañía eléctrica acceso remoto a los equipos de medición.
- Preparar la red para las demandas de la sociedad.

El objetivo final del proyecto es investigar cómo se utilizan determinados dispositivos electrónicos en un centro de transformación y cómo, a partir de su uso, se forma una red de comunicaciones a partir de una red de distribución, lo que reporta importantes beneficios.

1.3 ESTRUCTURA DEL PROYECTO

Hay tres secciones distintas en el proyecto. A continuación, se describe el contenido de cada una de ellas:

Una **primera sección** donde nos centraremos en la topología y aparamenta de la Red de Distribución Eléctrica para un nivel de tensión entre los 130v hasta los 30Kv y los centros de transformación (CT), porque es allí donde se instalará la maquinaria electrónica que compone la red de distribución.

Es esta sección, encontraremos un primer capítulo donde se hace un resumen de los componentes de la red de distribución y los distintos tipos de instalaciones que podemos encontrar en ella y un segundo capítulo centrado en Telegestión y red de comunicaciones donde se describe las herramientas necesarias para convertir la red de distribución eléctrica en una red de comunicaciones, así como las mejores formas de instalarlas para varias instalaciones.

Una **segunda sección** únicamente dedicada a el transformador reductor de distribución con regulación en carga (OLTC), en la cual se explicará el porqué de la necesidad de estos aparatos, los equipos que lo componen y su funcionalidad.

Por último, se podrá encontrar en este proyecto una **tercera sección** donde se implementan la gran mayoría de los equipos descritos en esta memoria para la generación de un proyecto real de instalación de un CT desde cero, que ya podría formar parte de la red de distribución y del sistema de telegestión y comunicaciones de una distribuidora eléctrica.

Capítulo 2. RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA

2.1 INTRODUCCIÓN:

Es necesario explicar tanto el funcionamiento de la red de distribución eléctrica como los distintos centros de transformación (CT) que allí se pueden encontrar para comprender el objetivo final del proyecto. El transporte de energía desde la subestación de distribución hasta los clientes finales es posible gracias a la red de distribución. Es posible separar esta red de distribución en dos secciones distintas. Una red radial o en anillos que unirá las subestaciones de distribución con los CT y, a su vez, entre sí mediante de la red de "Media Tensión", que opera en tensiones de operación entre 3 y 30 KV. Estos CT toman energía con un voltaje de operación de 3 a 30 KV y la transforman en voltajes de salida de 120/230v (que cada vez está más inactivo) o 230/400v (que típicamente está activo). Estos voltajes son los que finalmente viajan a través de la red de "bajo voltaje" hasta el cliente. [3] [4] [5] [6] [7]

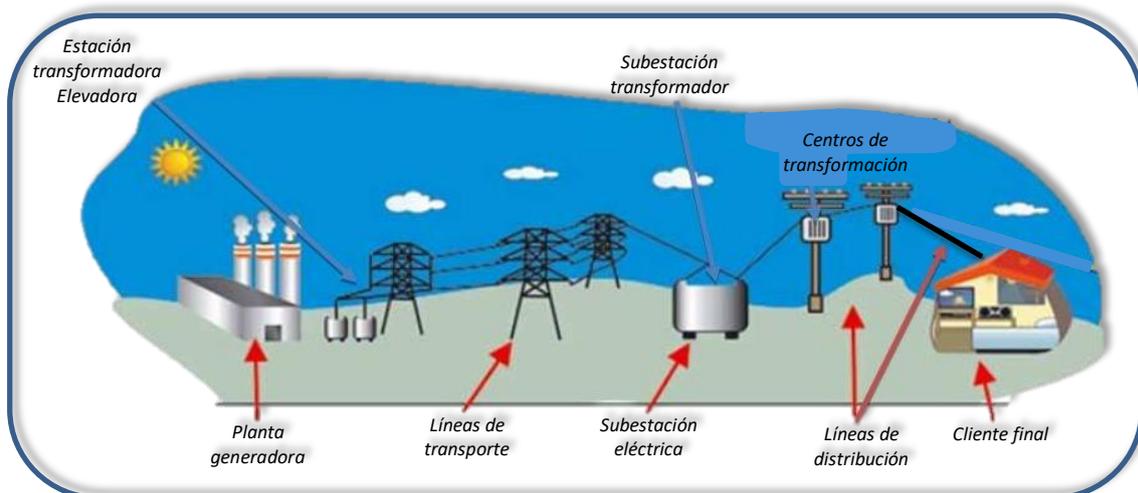


Ilustración 1: Red de Distribución Eléctrica

2.2 CENTROS DE TRANSFORMACIÓN (CT)

El objetivo de un centro de transformación es bajar la tensión, en este caso la MT, a los niveles de uso de BT, ya sea a B1(127/220v) o B2 (230/400v). Para esa misión se emplea un transformador de distribución que se encuentra instalado en el CT. [8] [4] [5]

Lo que compone un CT de interior es:

- Envolvente.
- Celdas de media tensión.
- Transformador.
- Cuadros de BT (CBT).
- Otros sistemas (Alumbrado, ventilación, tierras, etc).

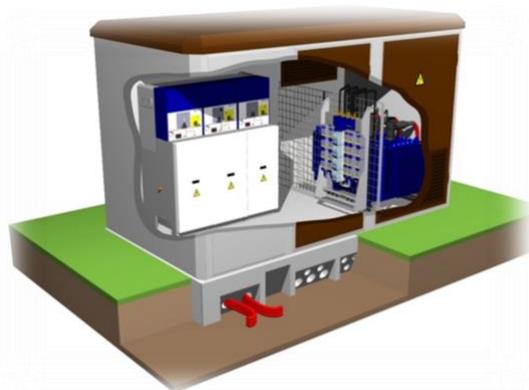


Ilustración 2: Centro de transformación

2.2.1 ENVOLVENTE

Definimos la envolvente de un CT como el espacio que contiene el transformador, el CBT y celdas de MT. Como norma general, suelen estar fabricados con materiales de obra civil o módulos prefabricados de hormigón. [6] [5]

2.2.2 CELDAS DE MEDIA TENSIÓN (MT)

Podemos definir *Celda de Media Tensión* como el conjunto de aparataje eléctrica (seccionador, interruptor, fusible, etc.) con una determinada función (línea, protección, etc.) que se encuentran en un mismo recinto y en una envolvente de un único compartimento. [9] [6] [5]

2.2.2.1.1 CLASIFICACIÓN:

2.2.2.1.2 SEGÚN LA ENVOLVENTE. [6] [5]

- Celdas convencionales (obra civil): De fabricación mayoritaria mediante materiales típicamente propios de la construcción como ladrillos, cemento, etc.



Ilustración 3: Celda MT convencional

- Celdas con envoltorio metálica: Cuya fabricación se realiza con chapas de acero. Existen dos tipos:
 - *Modulares*: Con una sola función dentro de la configuración del CT.
 - *Compactas*: Con varias funciones.



Ilustración 4: Celda MT Envoltorio Metálica

2.2.2.1.3 SEGÚN EL AISLAMIENTO [6] [5]:

- Corte y aislamiento mediante aire: Celdas donde la interrupción de la corriente y el aislamiento de la misma de partes conductoras se realiza mediante aire. Este tipo de celdas, cada día, está más en desuso.



Ilustración 5: Celdas MT corte/aislamiento al aire

- Corte en ambiente SF₆ y aislamiento en aire: Celdas donde la interrupción de la corriente se realiza en ambiente de SF₆, pero el aislamiento de las partes conductoras es al aire.
- Corte en ambiente SF₆ y aislamiento en ambiente SF₆: celdas donde, tanto el aislamiento de partes conductoras, como la interrupción de la corriente eléctrica, se realiza en ambiente de SF₆.



Ilustración 6: Celdas MT corte/aislamiento SF6

En este punto hay que aclarar que es el **SF₆**: Conocido como hexafluoruro de azufre y formado por una molécula con un átomo de azufre y seis átomos de flúor, es un gas pesado con una densidad cercana a cinco, incoloro e inodoro, inerte y no

inflamable a temperatura ambiente. La rigidez dieléctrica del SF₆ es tres veces la del aire a presión atmosférica, y aumenta con la presión hasta alcanzar un valor de 120 KV por centímetro a unos 3 bar. Su temperatura de licuefacción es de -64 °C a presión atmosférica y de 20 °C a una presión absoluta de 22 bar.

Desde un punto de vista eléctrico, las celdas en ambiente SF₆ no tiene puntos accesibles a elementos conductores, por lo que están selladas para todo su tiempo de uso. [10] [9] [6]

2.2.2.1.4 SEGÚN SU CONECTABILIDAD:

- Extensibles: las que presenta la capacidad de conexión a otra celda mediante el acoplamiento de embarrados.



Ilustración 7: Celdas MT extensibles.

- No extensibles: Las que no presentan la capacidad anteriormente mencionada.



Ilustración 8: Celdas MT no extensibles.

2.2.2.1.5 SEGÚN SU FUNCIÓN [6] [5]:

- Línea: Albergan la conexión de las líneas de MT que llegan o salen del CT.
- Protección: Compuestas por elementos de protección tipo fusibles y que dan alimentación, normalmente, al transformador.
- Medida: Comúnmente utilizadas en CT propiedad de clientes y no de empresas distribuidoras, albergan una serie de transformadores de tensión (TT) y transformadores de intensidad (TI), de cuyos secundarios cuelgan contadores de medida instalados fuera de la envolvente de la celda.
- Seccionamiento: Al igual que las celdas de medida, son comúnmente instaladas en CT de cliente y tienen como función principal el aislamiento de dicho cliente de la red general de distribución.

2.2.3 TRANSFORMADORES:

Los transformadores son máquinas fijas capaces de aumentar, reducir o convertir la tensión de alimentación del mismo, según para lo que estén diseñados. En los CT se instalan transformadores reductores, cuya misión es reducir la tensión de alimentación en MT a valores aptos para el uso en viviendas (BT).

El tipo de centro de transformación y la cantidad y tipos de clientes a los que se dará suministro mediante un transformador, es lo que va a determinar su potencia nominal. La potencia máxima que se puede instalar en los centros de transformación interiores es 630 KVA, encontrando transformadores de 400KVA y 250KVA, mientras que, la potencia máxima que se puede instalar en los centros de transformación exteriores en apoyo es de 100 KVA. [4] [7].



Ilustración 9: Transformador.

A continuación, se muestra una relación de tensiones típicas de los transformadores de MT:

MEDIA TENSION (MT)
30 KV
20 KV
15 KV
13,2 KV
11 KV

Tabla 1: Tensiones normalizadas MT.

BAJA TENSION (BT)	
133/231V	B1
230/398V	B2
231/400V	
242/420V	

Tabla 2: Tensiones normalizadas BT.

2.2.4 CUABROS DE BAJA TENSIÓN (CBT):

En un CT, la función del CBT es albergar un sistema de distribución de energía eléctrica en baja tensión, de tal forma que desde este partan la líneas de BT que van a componer la red de distribución de BT

Un CBT está compuesto por una serie de barras conductoras trifásicas, además de neutro, que es alimentado por el secundario del transformador, así como por un juego de fusibles de protección para cada circuito de salida (línea BT) y, todos ellos montados sobre un chasis metálico (CBTs antiguos) o encerrados en una envolvente metálica (CBTs modernos).

Dependiendo del tipo de centro de transformación en el que se instale, un CBT puede tener de una a cuatro salidas. El número máximo de salidas por transformador instalado para centros exteriores en apoyo es de tres y para centros interiores ocho. [4] [5].



Ilustración 10: CBT.

2.3 CLASIFICACIÓN de CT:

Debido a los números tipos de CT que podemos encontrar, los vamos a clasificar según una serie de características:

2.3.1 SEGÚN SU ENVOLVENTE EXTERIOR:

- CT convencional o de obra civil: Cuyos materiales de fabricación son los tradicionales de la construcción como ladrillos, tejas, cemento, etc.



Ilustración 11: CT convencional.

- CT con envolvente de hormigón prefabricado: Donde encontramos una envolvente fabricada con planchas de hormigón que facilitan su construcción y



Ilustración 12: CT prefabricado hormigón.

puesta en servicio, debido a la mayor rapidez de montaje en comparación a los CT de obra civil.

2.3.2 SEGÚN SU ALIMENTACIÓN:

- CT anillados: Donde encontramos una línea de MT que hace de alimentadora del CT y otra de salida a otro CT, de tal manera que nos permite seccionar la red sin la interrupción del servicio.
- CT en paso: Donde una línea de MT ejerce como entrada y otra como salida.
- CT en puntas: Donde solamente encontramos una línea de MT que hace de alimentadora.

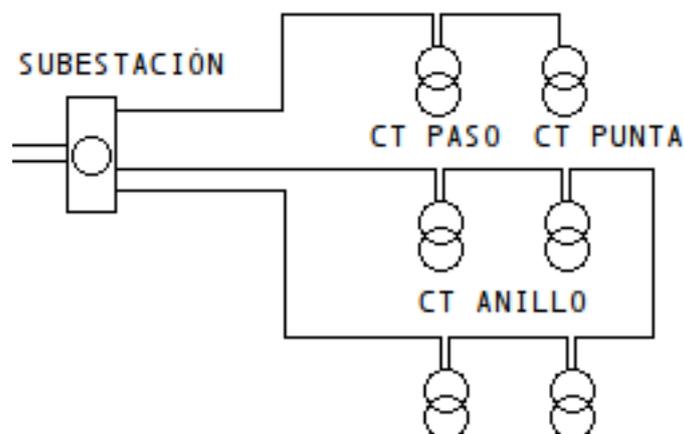


Ilustración 13: Topología CT según alimentación.

2.3.3 SEGÚN SU EMPLAZAMIENTO:

- CT de Interior: Presenta todos sus elementos en el interior de un recinto cerrado sin contacto con el exterior y protegido de las inclemencias meteorológicas y otros factores. Se subdividen en:
 - *CT de superficie*: Situados en bajos de edificios o en casetas independientes construidas mediante materiales de obra civil.



Ilustración 14: CT tipo lonja.

- *CT subterráneos*: Situados en una cota inferior a la del nivel del terreno, presentan su entrada mediante puerta elevables a través de hidráulicos para facilitar su apertura al personal y una entrada de materiales cuya tapa únicamente puede ser quitada mediante el uso de una grúa.

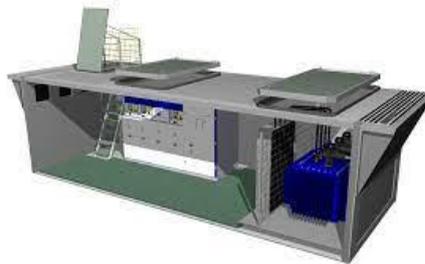


Ilustración 15: CT subterráneo.

- CT de Intemperie: Presenta todos sus elementos en contacto con el exterior.



Ilustración 16:CT Intemperie.

Capítulo 3. RED DE COMUNICACIONES.

3.1 INTRODUCCIÓN:

Mediante a la implementación de la telegestión y automatización de la red de distribución, es posible transformar una red que, a pesar de cumplir su función de manera correcta, comenzaba a estar obsoleta, convirtiendo de esa manera, una red analógica tradicional en una red ya digitalizada, dotada de automatización e “inteligencia”. Esta red, conocida como smart Grid, donde van a convivir tecnologías eléctricas convencionales con equipos electrónicos ya modernos como pueden ser los contadores digitales, sistemas de información y telecomunicaciones, va a permitir una mejora y desarrollo de la operativa de la red, a través de diferentes niveles de digitalización en los CT, viéndose reflejado en la calidad del suministro. Gracias a esto, es posible detectar de manera más rápida y precisa cualquier incidencia en las líneas y solucionarla en un tiempo menor.

La red inteligente permitirá el monitoreo y actuación a distancia y en tiempo real sobre la red de distribución eléctrica, lo que permite anticiparse a posibles incidencias y gestionarlas de manera más rápida y efectiva, mejorando así la calidad del servicio para los clientes. Los nuevos "contadores inteligentes", resultarán de gran ayuda a la hora de tomar determinadas decisiones, que estarán basadas en una información detallada, ya que nos van a proporcionar información suficiente sobre el punto de suministro, toda ella referida a magnitudes eléctricas, lo que ayudará a dar respuesta a las necesidades que puedan tener los consumidores finales. [11]

3.2 FUNCIONALIDADES Y ARQUITECTURA DE COMUNICACIONES EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Al equipar los CT de la red de distribución con equipos de telecomunicaciones, podemos ofrecer los siguientes servicios:

- Telegestión: Desde los diferentes centros de control de las distribuidoras eléctricas, es posible realizar la telegestión de toda la red de contadores inteligentes.
- Supervisión de BT: Mediante la cual se dispondrá de la información de magnitudes eléctricas y en tiempo real, que nos indicara el estado de la red de distribución de BT. Esta información será aptada por los contadores inteligentes. La comunicación que se establece entre el CT y los contadores se conoce como PRIME (Powerline Intelligent Metering Evolution) y es una tecnología de telecomunicaciones de banda estrecha, con una capacidad teórica de 128,6 Kbps y un espectro utilizado de 42-89 KHz. [12]
- Supervisión de media tensión: A igual que en la supervisión de BT, resultará posible la obtención de información de las magnitudes eléctricas, pero esta vez

de la red de distribución de MT. La comunicación que se establece entre los CT se conoce como PLC (power line communications), más concretamente BLC (broadband PLC) debido al uso de tecnologías PLC sobre líneas eléctricas. Esta es una tecnología de banda ancha con una capacidad de 200 Mbps y un espectro de 2-34 MHz. [13]

- **Telecontrol:** Al automatizar las celdas de MT, resulta posible tener el control de las mismas de manera remota desde los centros de control de las diferentes distribuidoras eléctricas.
- **Gestión de equipos de comunicaciones.**

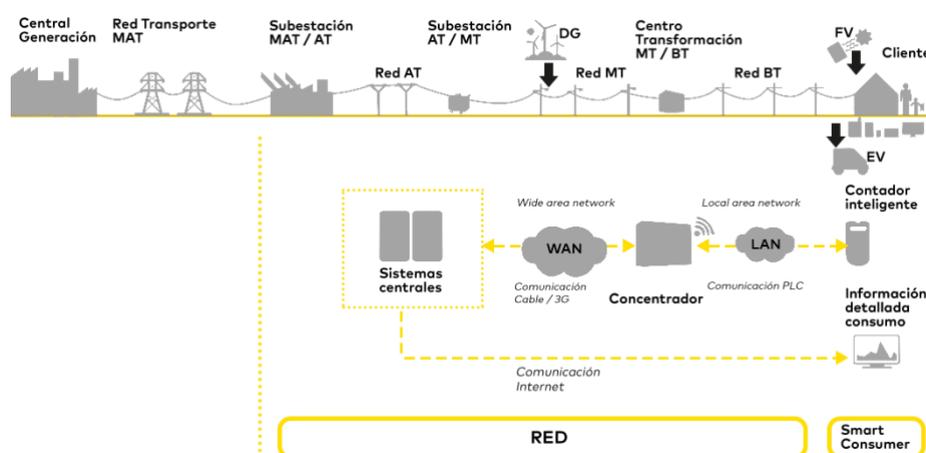


Ilustración 17: Esquema resumen de comunicaciones.

Los elementos de comunicación que interactúan dentro de la red de telecomunicaciones varían según el medio de transmisión utilizado, ya sea fibra óptica, líneas de MT y BT, el aire mediante ondas de radiofrecuencia, etc. También influye el equipamiento que se utiliza para permitir la comunicación entre los diferentes medios, como switches, routers GPRS, routers ADSL, estaciones de radio digital, equipos PLC de media tensión, concentradores y contadores con PLC PRIME.

La elección del medio de transmisión que se utiliza para establecer la comunicación entre los CT de la red de distribución y el centro de control de las distribuidoras eléctricas dependerá de varios factores, como la distancia a cubrir, la capacidad de transmisión necesaria y la disponibilidad de infraestructuras. Algunas de las opciones comunes incluyen:

- Comunicación mediante antena GPRS.
- Comunicación mediante ADSL.
- Comunicación a través de la tecnología PLC utilizando los cables de MT.
- Comunicación a través de radio digital y analógica.

3.3 TECNOLOGÍA PLC [13]

La tecnología PLC permite la utilización de los cables conductores eléctricos para la transmisión de datos. Es una tecnología de banda ancha con capacidad de 200Mbps y un espectro de 2-34Mhz.

Para ello existen una serie de equipos destinados a este fin como:

- Equipos de inyección PLC: Encargados de introducir la señal de comunicación en la línea de MT.
- Acoplos MT: Encargados de conectar los equipos de inyección a la línea de MT.
- Switch: Permite conectar los equipos de comunicaciones de los CTs (MASTER, TRONCAL y REPETIDORES). En el caso del CT TRONCAL, se añade un router para la conexión con el exterior de la red de telecomunicaciones.

Cuando existen más de dos líneas PLC, se utiliza un splitter pasivo para dividir la señal de comunicación entre las líneas. En caso de que este no garantice una buena comunicación, se utiliza un splitter activo.

Estos equipos son esenciales para el correcto funcionamiento de la sub célula PLC y, por ende, de la red de distribución eléctrica inteligente. [24].

3.4 EQUIPOS:

3.4.1 EQUIPOS DE COMUNICACIONES I (BT):

Instalados en el interior de los CT y dentro del armario de telegestión (ATG), encontramos los equipos anteriormente descritos, cuya comunicación unos con otros se establece mediante tecnología ethernet (RJ45). A continuación se realiza una enumeración más detallada de los mismos:

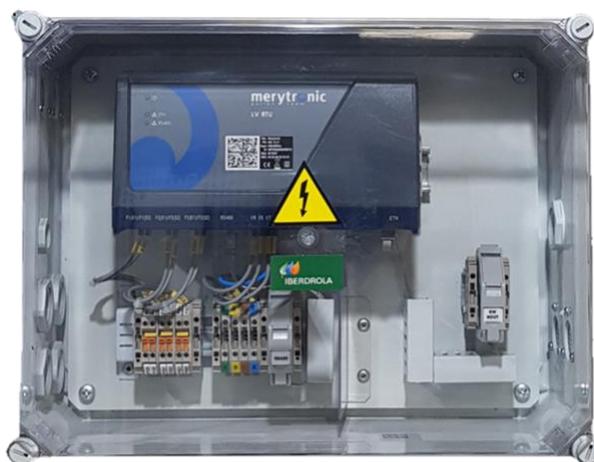


Ilustración 18: ATG (Iberdrola)

- Armario de telegestión (ATG): Es un armario fabricado en fibra que va a albergar los equipos necesarios que proporcionaran los servicios de telegestión de contadores

además de asegurar la alimentación y comunicación de un CT. Los equipos que contendrá en su interior van a ser:

- **Switch:** Dispositivo digital lógico de interconexión de equipos. Su función es interconectar dos o más host de manera similar a los puentes de red, pasando

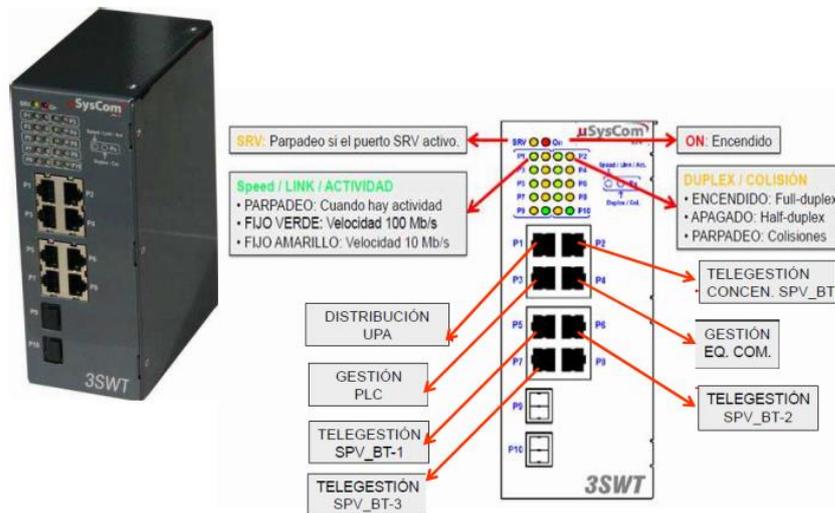


Ilustración 19: Switch.

datos de un segmento a otro de acuerdo con la dirección MAC de destino de las tramas en la red y eliminando la conexión una vez finalizada ésta. [14]

- **Router GPRS/3G/4G/5G:** Dispositivo de conexión a nivel de red. Su función principal es enviar o enrutar paquetes de datos de una red a otra. Tiene función de conmutación incorporada (múltiples puertos Ethernet para varios servicios de administración remota, monitoreo, automatización, etc.). Dispone de dos tarjetas SIM que aseguran redundancia para el operador ante un posible fallo. [14]

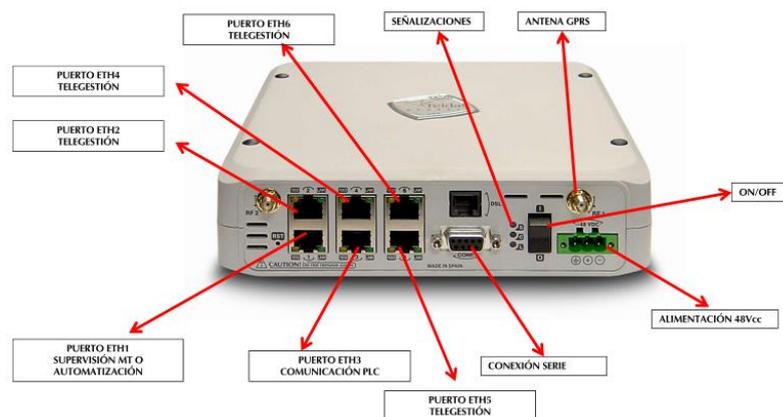


Ilustración 20: Router.

- Router ADSL:
 - *Solución ADSL*: Un equipo ADSL, con una gestión compartida de las comunicaciones que involucra tanto a la empresa de distribución eléctrica como a la empresa operadora de las comunicaciones.
 - *PTR*: Siglas de Punto Termina de Red y proporcionado por Telefónica, es el punto de unión entre el operador y los equipos de la distribuidora mediante cable de pares. Se encontrará fuera de la instalación (CT) para que el personal de Telefónica pueda acceder a él sin problema.
- Antena: elemento cuya función es la de transmitir los datos a los centros de control. Existen varios tipos que varían en función del lugar donde se encuentren instaladas y que se va a regir dependiendo de la cobertura de los operadores de telefonía. Los tipos son:
 - *Antena de Interior (omnidireccional interior).*



Ilustración 21: Antena Omnidireccional interior.

- *Antena de Intemperie (omnidireccional exterior, direccional exterior o plana exterior).*



Ilustración 22: Antena exterior Plana.

3.4.2 EQUIPOS DE COMUNICACIONES II (MT): [14]

- Equipos de inyección PLC de MT: Equipo de transmisión de señal de radiofrecuencia a través del conductor mediante los acoplamientos del mismo. El conductor actúa como medio de transmisión y comunicación. Utiliza bandas de frecuencia en el rango de 2 a 18 MHz. Para evitar interferencias entre células PLC configuradas en la misma banda de frecuencia, debemos dotarlas de una distancia mínima de seguridad, además de presentar una distancia máxima admisible de comunicación entre equipos.



Ilustración 24: Equipo de inyección PLC.



Ilustración 23: Equipo de inyección PLC.

- Splitters: Elemento utilizado si en la instalación se presentan más de 2 inyecciones PLC. Distinguimos entre:
 - *Splitter pasivo*: Actúa únicamente como multiplexor de señal. Suele tener cuatro bocas de salida.
 - *Splitter activo*: Únicamente utilizado cuando el anterior no garantiza la comunicación ya que necesita alimentación auxiliar.
- Acoplos de MT: Dispositivo de acoplamiento que se va a instalar en cada celda de MT y en el cual se conectar un cable coaxial. En función del tipo de celda de MT, vamos a diferenciar los siguientes tipos:
 - Para celdas con corte a aire: Acoplamientos capacitivo convencional.
 - Para celdas en ambiente SF₆: Acoplamiento capacitivo tipo tapón.



Ilustración 25: Acoplos PLC aire y SF₆

3.4.3 EQUIPOS DE COMUNICACIONES III (Telegestión): [14]

- Concentrador/supervisor de BT: Equipo dotado de interfaz ethernet con capacidad y fusión de recoger toda la información que es proporcionada de la red de contadores inteligentes (Smart grid). Estos equipos son instalados en el interior de los CT y pueden actuar como supervisores de BT.



Ilustración 27: Concentrador ZIV



Ilustración 26: COncentrador PRIME

- Sensores de medida en BT (TI): Transformadores de intensidad tipo toroidal que, instalados en los cables de BT, tienen como función la medición de las intensidades que circulan por los conductores así como la detección de pasos de falta (DPF).



Ilustración 28: TI 1200/5 A

3.4.4 EQUIPOS DE COMUNICACIONES IV (Supervisión de MT):

- Unidad de Adquisición Remota: Equipo que recoge las medidas de MT de tensiones e intensidades y las señales de alarma que se puedan producir en el CT. En el interior del CT encontramos instalada una unidad equipada (UPA) y, en el caso de haber más de una celda de MT con supervisión, el resto de unidades de medida comunican a través de la misma UPA. [14] [15]



Ilustración 29: UPA Artech.

- Sensores de medida en MT (TI/TT): Diferenciamos varios tipos en función del ambiente de ruptura de la celda de MT (aire/SF₆).
 - Ambiente Aire:
 - *Undersens*: Sensor de tensión resistivo para su uso en MT que nos va a brindar precisión hasta líneas de 24Kv y que están diseñados para su instalación en celdas de corte al aire con envolvente metálica o de mampostería.
Estos sensores hacen de puente entre la remota y la medida a través de cable coaxial RG-174/U con terminación BNC para minimizar ruidos electromagnéticos.

Como medida de seguridad van conexionados a la malla de tierra mediante cable de 50mm² de sección con color normalizado verde/amarillo. [14]

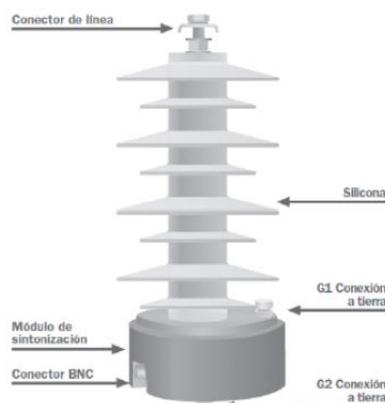


Ilustración 30: Undersens MT.

○ Ambiente SF₆:

- *Plugsens (instalación estándar)*: Sensor de tensión resistivo para su uso en MT que nos va a brindar precisión hasta líneas de 24Kv y que están diseñados para su instalación en celdas de corte en ambiente SF₆ con envolvente metálica blindada.

Estos sensores hacen de puente entre la remota y la medida a través de cable coaxial RG-174/U con terminación BNC para minimizar ruidos electromagnéticos. Como medida de seguridad van conexionados a la malla de tierra mediante cable de 6mm² de sección con color normalizado verde/amarillo. [14]



Ilustración 31: Plugsens MT.

- *Plugcom (Instalación con PLC)*: Sensor de tensión resistivo para su uso en MT que nos va a brindar precisión hasta líneas de 24Kv y que están diseñados para su instalación en celdas de corte en ambiente SF₆ con envolvente metálica blindada que cuenten con la instalación adicional de acoplo PLC.

Estos sensores hacen de puente entre la remota y la medida a través de cable coaxial RG-174/U con terminación BNC para



Ilustración 32: Plugcom PLC

minimizar ruidos electromagnéticos. El acoplo PLC se conecta también con terminal BNC y, al igual que el anterior, la conexión a la malla de tierra se realiza a través de conductor de 6mm² de sección con color normalizado verde/amarillo.

3.4.5 EQUIPOS DE COMUNICACIONES V (Automatización): [14]

- Unidad de Control Remota: Este elemento se fija en la parte superior de cada celda automatizada y va a realizar las siguientes funciones:
 - Transmisión de todas las medidas, alarmas, señales y mandos relacionados con la aparamenta.
 - Alimentación del terminal remoto de control.
 - Alimentación de la automatización de la aparamenta.
 - Alimentación del armario de telecomunicaciones.

Está constituida por una serie de elementos/equipos como:

- Cargador/batería.
- PIAs y magnetotérmicos.
- Unidades de control.
- Maneta selectora de actuación Local o actuación remota.

- Para cada una de las líneas de MT que tengan supervisión habrá un pulsador con led activo/inactivo de aislamiento de falta (AF).

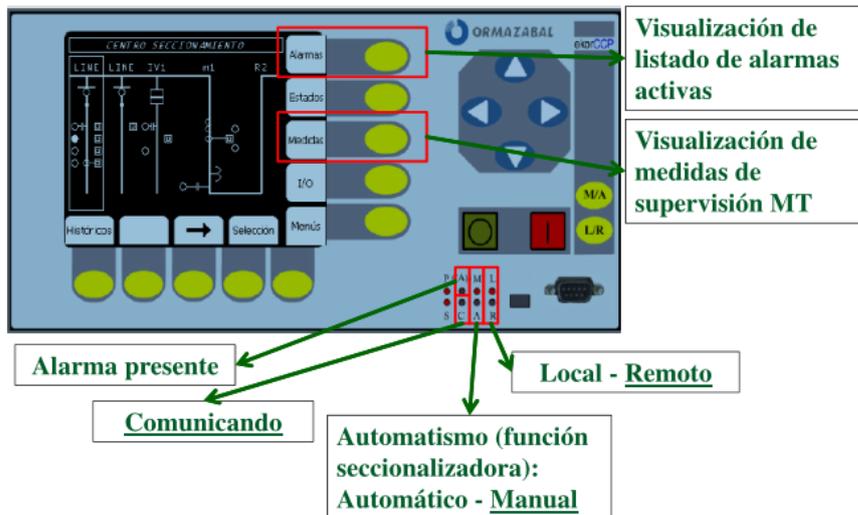


Ilustración 33: Cuadro armario automatización.

- Monitorización de celdas: Mediante la monitorización de las celdas de MT, incorporamos las mismas a un sistema que nos va a permitir actuar sobre ellas, pasándolas a un estado de abierto/cerrado (únicos dos estados posibles de una celda de MT). Se puede evitar esta transición de estado mediante enclavamientos eléctricos de tal manera que se va a impedir su accionamiento de manera remota.
- Sensores de MT (TI): Pequeños transformadores de intensidad que nos van a proporcionar información de la intensidad que circula por la red y la detección de posibles pasos de falta por ellos. Para estas funciones deben tener una serie de características como:
 - Intensidad Primaria asignada 500ª.
 - Intensidad Secundaria asignada 1A
 - Relación de transformación 500/1ª
 - Potencia 1,5VA
 - Gama extendida 150%
 - Clase de protección 5P10
 - Clase de precisión 0,5s

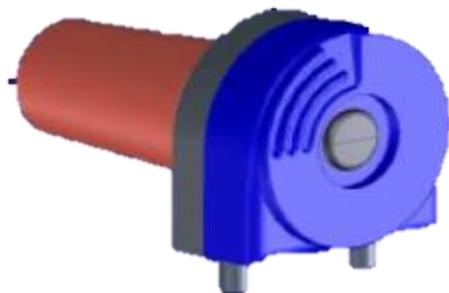


Ilustración 35: Sensor tensión + PLC (1)

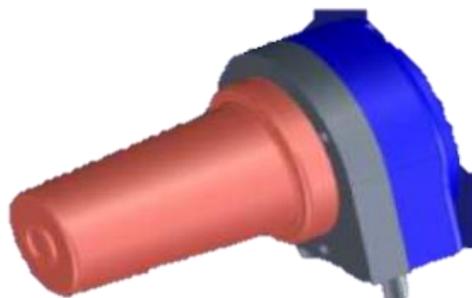


Ilustración 34: Sensor tensión + PLC (2)

3.4.6 EQUIPOS DE COMUNICACIONES VI (Alimentación auxiliar): [14]

A pesar de parecer un elemento poco importante para los equipos de comunicación de una red de MT, la alimentación auxiliar tiene una función vital a la hora de garantizar la calidad de suministro de la red de distribución eléctrica ya que, los equipos anteriormente descritos, de manera nativa, van a funcionar con corriente alterna monofásica proporcionada por el mismo CT y 48V de corriente continua pero, ante una falta de suministro, esta alimentación auxiliar va a garantizar el correcto funcionamiento de la automatización/supervisión de la red de distribución.

Para ello contamos con:

- **Fuente de alimentación:** Compuesta por un cargador y un rectificador que son instalados dentro del armario de telegestión, nos van a proporcionar una adecuada tensión a los equipos ya sean de AC o DC [23][24].



Ilustración 36: Cargador/rectificador de batería ZIV.

- **Baterías:** Normalmente de tipo litio, nos van a proporcionar un tiempo de tensión a los equipos ante una falta del suministro normalizado.



Ilustración 37: Batería Cyclon.

3.5 SUPERVISIÓN AVANZADA DE BT:

La Supervisión de BT se basa en datos proporcionados por los elementos y sensores anteriormente descritos y que están instalados en los CTs de la red de distribución eléctrica.

La comunicación entre los contadores inteligentes y los CTs se denomina PRIME o estándar PRIME (PowerRline Intelligent Metering Evolution). Este estándar público, abierto y no propietario, basado en tecnología PLC cuenta con un ancho de banda de entre 42KHz y 90KHz, con 96 subportadoras de datos y una piloto y unas velocidades de 21Kbps a 128Kbps.

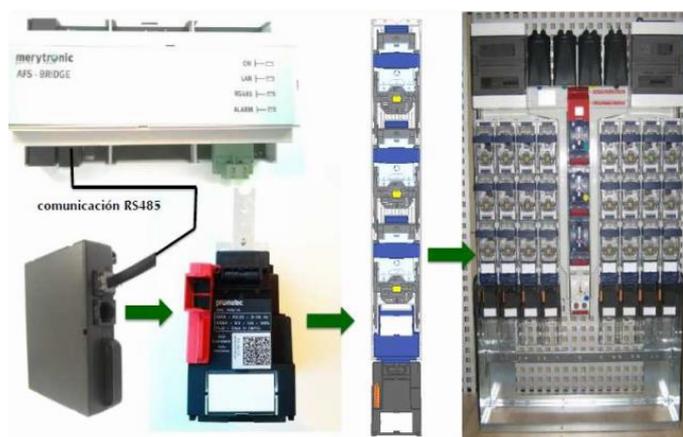


Ilustración 38: Configuración típica SPBT en CBT

Utiliza los conductores de BT de la red de distribución como medio de transmisión para telegestionar los Smart Meters (contadores inteligentes), pero tiene que contar con dos elementos básicos:

- Concentrador instalado en el interior de los CTs y que cuentan con interfaz Ethernet.
- Smart Meter o contadores inteligentes instalados en los cuartos de contadores de los usuarios finales.
- Tarjetas de supervisión que irán instaladas en las salidas de cada línea de los CBTs instalados en los CTs.

Como hemos dicho, la supervisión de BT nos va a proporcionar datos en lo referente a:

- Tensiones, intensidades, potencias y otras magnitudes relacionadas con la energía eléctrica.
- Alarmas a tiempo real como fusión de fusible de BT, pérdidas de fase o neutro, etc.

Una vez analizados todos los datos recogidos por la supervisión de BT se puede actuar sobre la red de distribución de tal manera que se optimice su explotación lo máximo posible mediante, por ejemplo, detecciones de fraudes eléctricos, equilibrado de fases en función de su intensidad o una mayor rapidez y detección temprana de fallas en la red de BT.

Capítulo 4. TRANSFORMADOR OLTC DE DISTRIBUCIÓN

4.1 INTRODUCCIÓN:

De acuerdo con la norma EN 50160, las empresas operadoras de la red de distribución eléctrica están obligadas a mantener una tensión de alimentación del $\pm 10\%$ (7% en España) en torno a la tensión nominal, ya sea en MT o en BT.

La creciente importancia de los recursos energéticos distribuidos (DER), como la fotovoltaica o la eólica y el mayor uso de vehículos eléctricos (EV) están cambiando el funcionamiento de las redes de distribución, por lo que se espera un crecimiento en los problemas de tensión.

Como consecuencia de lo anterior, las empresas distribuidoras, en este caso españolas, se enfrentan cada vez más a menudo a “violaciones” de ese $\pm 7\%$ que, en el caso de la BT con tensión nominal de 230v, son $\pm 16,1v$.

Este problema va a exigir un refuerzo de la red de distribución con un sistema capaz de responder dinámicamente a los cambios en la alimentación y la demanda de suministro eléctrico, que actúe tanto en los niveles de bajo voltaje como en los de alto voltaje.

Actualmente, las empresas distribuidoras cuentan con transformadores convencionales que presentan un cambiador de tomas manual que, únicamente, se puede actuar sobre él. cuando el transformador esté desenergizado.

Con la implantación de los transformadores OLTC que, desde este momento los vamos a llamar i-trafo, se podrá actuar sobre el cambiador de tomas, ya sea para subir o bajar tensión, de manera remota y sin desenergizar la propia máquina.



Ilustración 39: Transformador OLTC.

4.2 CASOS DE USO:

En este apartado se va a describir una serie de casos de uso más habituales de los i-trafo que corresponden a problemas en las redes de distribución donde, una de las posibles soluciones, sería la implantación de este tipo de máquinas.

4.2.1 Reducción de la interrupción del suministro eléctrico:

En ciertas áreas geográficas, con una alta variación estacional de perfiles de carga, como por ejemplo una zona que, en periodo estival, se vuelve zona vacacional, la demanda de suministro eléctrico aumenta de manera significativa (turistas, aires acondicionados, etc.).

Para adecuar la tensión conforme a la demanda del momento, se requiere la interrupción del servicio, generalmente dos veces, una para subir tensión y otra, una vez finalizado ese periodo vacacional, para retornar la tensión a su valor nominal de explotación, lo que supone un alto costo debido a la interrupción y debido a la necesidad de desplazar personal a esa instalación para realizar esa tarea de manera manual.

Mediante la instalación de un i-trafo se evitará la interrupción del suministro y sus costes asociados, además de elevar los niveles de seguridad para el personal de las empresas distribuidoras.



Ilustración 40: Trafo con cambiador tomas manual.

4.2.2 Estabilización de redes volátiles:

En áreas con potencia de generador limitada, largas distancias o consumidores y productores volátiles, el suministro de MT puede estar sujeto a grandes fluctuaciones. Como resultado, los ciclos de producción pueden interrumpirse, los motores pueden no arrancar, las baterías pueden verse afectadas o los sistemas de control pueden fallar. Esto puede causar daños graves, especialmente en procesos industriales sensibles. Además de los impactos directos en los procesos, los cambios frecuentes en el voltaje también pueden tener un impacto negativo en la vida útil del equipo.

Un transformador OLTC en la red de distribución garantiza que los consumidores tengan un suministro estable de voltaje independientemente de la volatilidad de la MT. Los transformadores OLTC con amplios rangos de regulación que son capaces de regular de forma fiable incluso grandes fluctuaciones en la MT durante muchos años y con un mantenimiento mínimo son adecuados para esta aplicación. En resumen, los

transformadores OLTC podrían reducir el número de quejas de los clientes y aumentar la satisfacción del cliente.

Con la fuerte penetración de los recursos de energía renovable (FV, baterías, eólicas, etc.) en las redes de distribución y el EV, el origen de las fluctuaciones de voltaje está cambiando del lado de MT al lado de BT. Para ambas situaciones, el mismo OLTC podría resolver los problemas de tensión, simplemente teniendo en cuenta diferentes puntos de medida para el algoritmo de regulación de control o cambiando la estrategia de control en sí. En este caso, los contadores inteligentes y todos los equipos de la supervisión avanzada de BT, se usarían para medir el voltaje y poder regular el i-trafo, de tal manera que se pudiera garantizar una calidad de suministro lo más óptima posible.

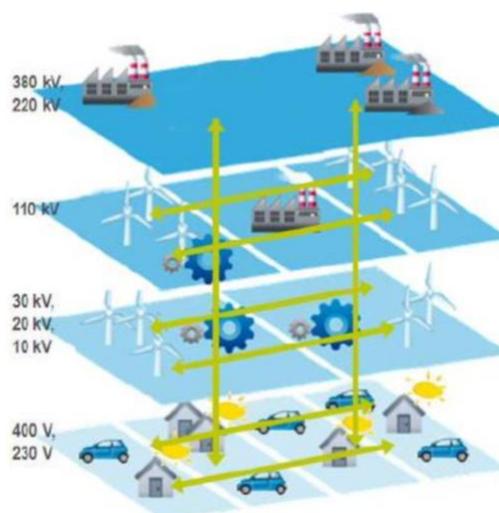


Ilustración 41: Evolución RDE.

4.3 TRANSFORMADOR OLTC (I-TRAFO):

El i-TRAFO es un transformador reductor de distribución de MT/BT, totalmente hermético, sumergido en dieléctrico líquido, con una potencia nominal máxima de 1000 kVA y una tensión nominal de 24 kV de acuerdo con la norma CEI 60076.

Dispone de un cambiador de tomas en carga (OLTC) que mantiene estable la MT, compensando las fluctuaciones de BT y reaccionando a los cambios en la carga y la generación distribuida (fuentes de energías renovables). Por tanto, el i-trafo, incrementa la flexibilidad de la red y posibilita la resolución de los retos que planteará la distribución eléctrica en el futuro.

El mecanismo de maniobra del OLTC está motorizado y una unidad de control regula la posición de funcionamiento del OLTC de acuerdo con las instrucciones de funcionamiento en vigor.

Un sensor digital mide la temperatura, la presión y el nivel del dieléctrico líquido. Estos datos se guardan para su posterior análisis.

La unidad de control opera el OLTC de modo que la tensión se mantenga constante en el lado de BT. Para ello, la unidad de control mide la tensión del transformador y la compara con la tensión predeterminada.

4.3.1 ELEMENTOS PRINCIPALES:

Un transformador reductor de regulación en carga va a contar con una serie de elementos fundamentales que, mediante la combinación de los mismos, nos va a garantizar una explotación correcta.

4.3.1.1 Transformador:

Como ya habíamos explicado en la parte de la red de distribución, los transformadores son máquinas fijas capaces de aumentar, reducir o convertir la tensión de alimentación del mismo, según para lo que estén diseñados. Ahora bien, los transformadores OLTC (i-trafo) difieren únicamente con esta definición en la capacidad que tienen de regular la tensión en función de la carga demandada con la posibilidad de no tener que interrumpir el suministro eléctrico para ello.

Salvo esto, la construcción y sus principios de funcionamiento son idénticos a los de un transformador reductor de la red de distribución, ya que cuentan con una parte activa con núcleo ferromagnético, arrollamientos o bobinados y las conexiones de MT y BT y con una envolvente metálica que hace de contenedor del dieléctrico líquido que aporta aislamiento y refrigeración.

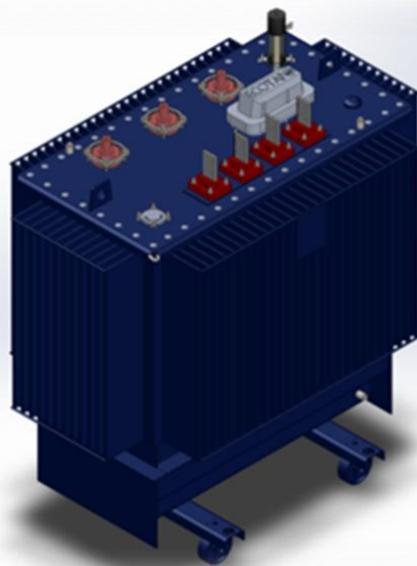


Ilustración 42: i-trafo

4.3.1.2 Dispositivo OLTC:

El dispositivo OLTC (On Load Tap Changer) instalado en los i-trafo, es un conmutador electromecánico, capaz de trabajar en carga ya que interrumpe la corriente de cargar a hacer un cambio de toma, y que cuenta con tecnología de botellas de vacío para el cambio de tomas.

Va a disponer para la regulación de la tensión de hasta 9 posiciones o puntos de regulación, con un rango máximo de tensión a regular de $\pm 10\%$.

La duración de la operación de cambio de toma va tener un tiempo de 0.90s, siendo 3s el tiempo mínimo de espera entre la ejecución de un cambio de toma y otro.

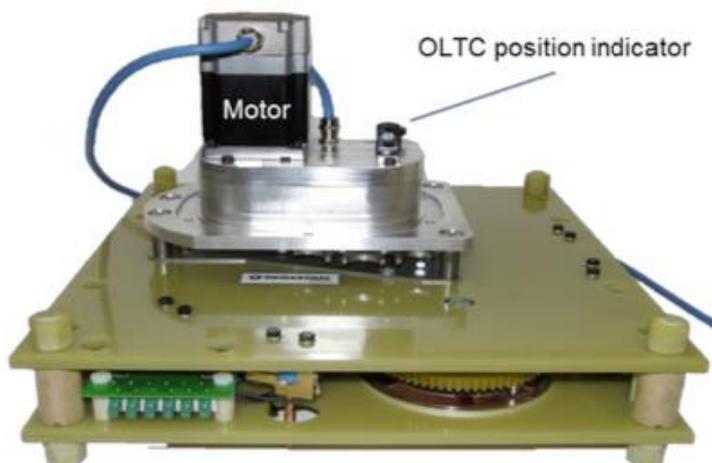


Ilustración 44: Dispositivo OLTC.



Ilustración 43: Trafo OLTC

4.3.1.3 Cajón de control:

El cajón de control, asociado a un transformador OLTC, lo podríamos clasificar como el cerebro del mismo. En su interior va a contener todos los elementos necesarios para dotar, a una máquina inmóvil con una función inicial básica, de “inteligencia”.



Ilustración 45: Interior Cajón de Control.

Los componentes principales del cajón de control son los siguientes:

- **Unidad de control OLTC:** Esta unidad electrónica, con pulsadores frontales para su configuración y establecimiento de los parámetros a regular, va a ser la que va a gobernar el dispositivo electromecánico de cambio de toma y va a tomar las decisiones oportunas en función de varias lecturas de datos que le llegan por parte del transformador en forma de nivel de tensión y también por parte de otras unidades que componen el cajón como puede ser niveles de dieléctrico, temperatura del mismo, etc.



Ilustración 46: Frente Unidad Control OLTC



Ilustración 47: Conexiones Unidad Control OLTC

- Unidad de control TPL: Esta unidad va a estar en contacto directo con un sensor instalado en el propio transformador (TPL) el cual va a estar monitorizando y transmitiendo los niveles de presión, nivel y temperatura de dieléctrico a la unidad de control OLTC. Cuenta con varios led que van a corresponder a la indicación de alarmas en el caso de discrepancias entre la referencia configurada y los niveles medidos.



Ilustración 48: Unidad Control TPL

- Interfaz Ethernet: Mediante esta interfaz se va a establecer la comunicación de la Smart grid o red inteligente constituida por la telegestión de la red de distribución y la unidad de control OLTC, de tal manera que esta última pueda tomar las decisiones oportunas para garantizar un suministro correcto en función de la directrices programadas.
- Borneros de Referencia de tensión: Bornero de pares conectados directamente de la BT del CT, de los cuales se va a leer la información, en forma de nivel de tensión, que va a servir como referencia de tensión para comparar con la consigna programada en la unidad de control.



Ilustración 49: Bornero de conexión.

- Transformador de aislamiento: Pequeño transformador de tensión, que va a convertir el nivel de tensión que suministra el propio transformador reductor de CT en su parte de BT, a una tensión que la unidad de control pueda leer e interpretar.



Ilustración 50: Trafo aislamiento OLTC.

Existen varios modelos de cajones de control dependiendo de las funcionalidades de las que disponga:

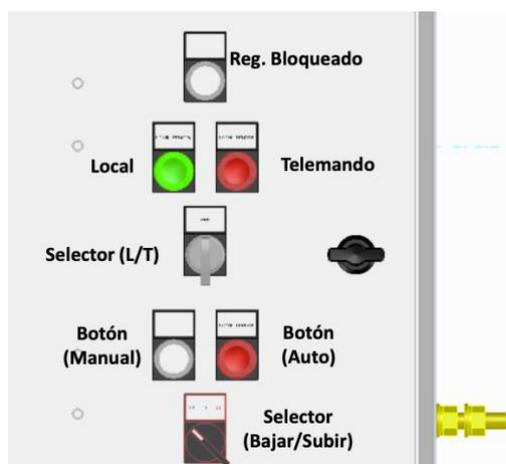


Ilustración 51: Configuración estándar cajón de control.

- Cajón de control Básico: Cuenta con una serie de características como:
 - Control y ajuste LOCAL.
 - Medida de tensión trifásica en BT.
 - Vigilancia TPL a tiempo real.
 - Alimentación desde BT del CT.
 - Hasta 10KV aislamiento MT/BT
 - Cambio de toma manual sin apoyo de tensión de CT.
 - Información de toma no estimada.



Ilustración 52: Cajón Control Básico

- **Cajón de control *Estándar*:** Presenta las características del modelo básico más las siguientes:

- Acceso remoto (RTU).
- Control y ajuste Remoto.
- Protocolos de comunicación como WEB, FTP, etc.
- Cálculo de magnitudes como P, Q, S, FP.
- Medida temperatura ambiente del CT.
- Enlace ethernet con la remota BT.



Ilustración 53: Cajón Control Estándar

- **Cajón de control *Avanzado*:** Presenta las características del modelo estándar más las siguientes:

- Cargador de baterías más baterías auxiliares.
- Maniobra sin alimentación del CT (mediante batería)
- Acceso remoto sin alimentación del CT (mediante batería).

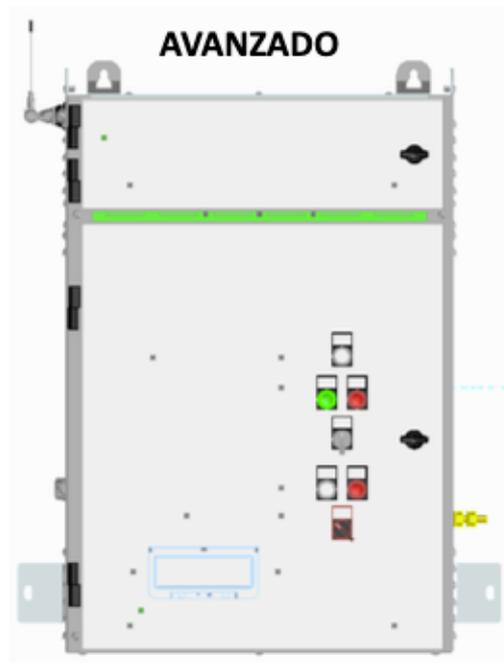


Ilustración 54: Cajón Control Avanzado.

4.4 DIRECCIONAMIENTO DE LAS COMUNICACIONES EN LA SMART GRID:

La interacción de todos los equipos descritos en los capítulos anteriores da lugar a lo que conocemos como *Smart Grid*, una red eléctrica inteligente con una integración dinámica de los equipos que garantiza una transmisión de la energía de manera bidireccional, donde los hogares e industrias pueden convertirse en pequeños productores además de consumidores.

Principalmente, la Smart Grid, podríamos definirla como un red de distribución eléctrica digitalizada, donde coexisten tecnologías de información moderna que van a proporcionar información relativa a las magnitudes eléctricas, tanto de empresas como de consumidores finales.

La operación de esta red de distribución inteligente es más complicada que la red de distribución eléctrica convencional, pero es una situación en la que todos ganan.

A continuación, se muestra un esquema de cómo se comunican los principales elementos de las Smart grid.

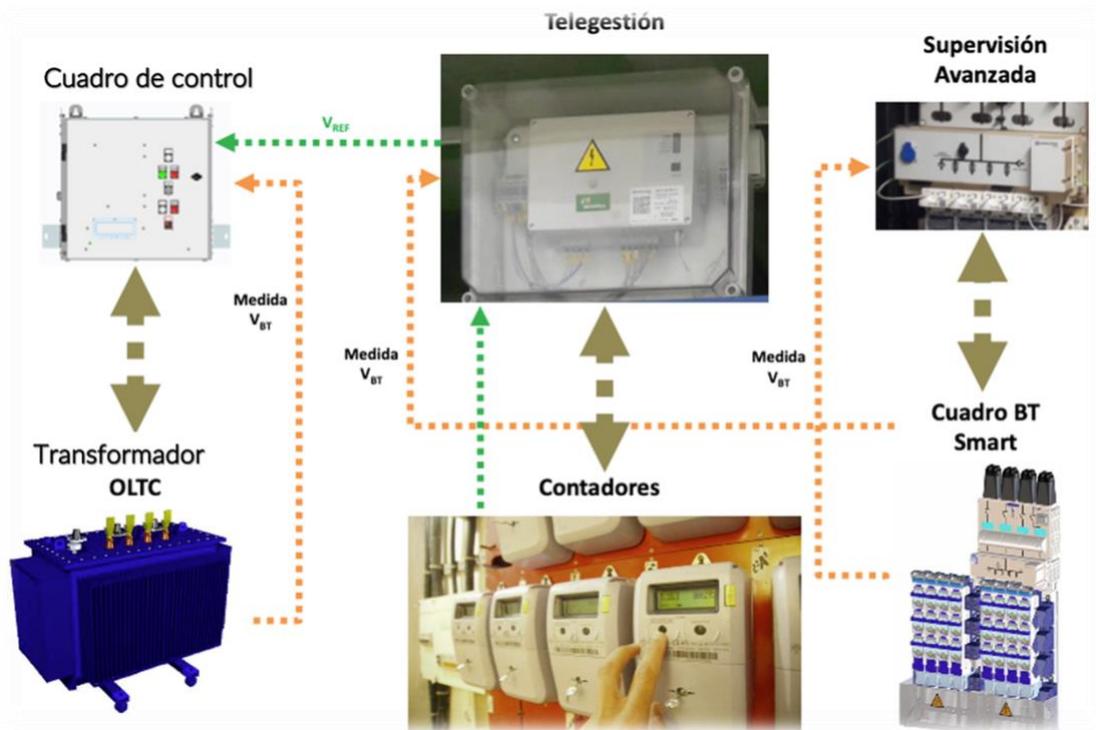


Ilustración 55: Comunicación entre elementos smart grid.

Capítulo 5. MEMORIA

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE DISTRIBUIDORA ELÉCTRICA PARA SUMINISTRO DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES EN CALLE DE GUZMAN EL BUENO Nº 34 MADRID.

5.1 PRELIMINAR:

5.1.1 OBJETO:

La memoria de este proyecto tiene como fin la obtención de la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid, la autorización de las instalaciones descritas en los siguientes apartados referidos a:

- Un nuevo CT tipo lonja en edificio de otros usos, telegestionado de 400KVA con transformador OLTC (potencia Máxima Autorizada 630KVA).
- Red Subterránea de MT de acometida al Nuevo CT realizada con conductores HEPRZ1 12/20 kV 3x240 mm² Al.
- Dos (2) nuevas Líneas Subterráneas de Baja Tensión instaladas en el nuevo CT realizada con conductores XZ1 0,6/1 kV 3x240+1x150 mm² A.

5.1.2 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO:

El nuevo CT se emplazará en un local exclusivo en el interior del edificio, a cuál va a suministrar el servicio eléctrico, dedicándose a *viviendas multifamiliares* en la parcela sita en Calle Guzmán el bueno, nº 34, del municipio de Madrid (MADRID), donde dicha parcela tiene la categoría de superficie residencial.

Se encontrará ubicado a nivel de planta baja con acceso directo desde la vía pública.

El CT se va a intercalar entre dos CTs de la red de distribución de MT, de tal manera que, la alimentación llegará mediante una línea de MT que partirá desde el CT₁ a nuevo CT, y de este partirá otra línea de MT para alimentar el CT₂. De esta manera se conservará la topología anillada de la red de distribución.

5.1.3 PREVISIÓN DE POTENCIA:

Para la dotación de los suministros necesarios para el correcto funcionamiento del edificio, la previsión de la demanda de potencia total será de 207,400KW. En función de esa potencia se proyecta instalar un transformador OLTC de 400KVA, aunque la potencia prevista del CT será de 630KVA en previsión a una posible ampliación de potencia si fuera necesario.

SUMINISTRO	SIN COEFICIENTE DE SIMULTANEIDAD	CON COEFICIENTE DE SIMULTANEIDAD
61 VIVIENDAS	156,40 KW	120,52 KW
LOCAL 1	18 KW	18 KW
LOCAL 2	18 KW	18 KW
SERVICIOS COMUNES	15 KW	15 KW
TOTAL:	207,40 KW	171,52 KW

Tabla 3: Previsión de potencias nuevo CT

5.2 REGLAMENTO APLICABLE:

Para la redacción y desarrollo del proyecto se han aplicado los siguientes reglamentos:

- 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 en alta tensión y sus instalaciones técnicas complementarias. [16]
- Corrección de errores del 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 [17].
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias, aprobadas por Real Decreto 223/2008 y publicado en el B.O.E. del 19/03/2009. [18]
- Corrección de errores del Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09. [18]
- 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. [19]

- Corrección de errores del 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. [19]
- Real Decreto 1955/2000 por el que se regulan las actividades de transporte, distribución y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. [20]
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01 a BT 51. [21]
- Real Decreto 1053/2014, de 12 de diciembre, por el que se aprueba una nueva Instrucción Técnica Complementaria (ITC) BT 52 "Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos", del Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, y se modifican otras instrucciones técnicas complementarias del mismo. [22]
- Orden IET/2388/2015, de 5 de noviembre, por la que se autorizan determinados modelos de conectores de recarga para el vehículo eléctrico. [23]
- Reglamento delegado (UE) 2016/364 de la Comisión, de 1 de julio de 2015, relativo a la clasificación de las propiedades de reacción al fuego de los productos de construcción de conformidad con el Reglamento (UE) nº 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo. [24]
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico. [25]
- IET/290/2012, de 16 de febrero, por la que se modifica la orden ITC/3860/2007, de 28 de diciembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir de 1 de enero de 2008 en lo relativo al plan de sustitución de contadores. [26]
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. [27]
- Código Técnico de la Edificación, aprobado por Decreto 314/2006 del 17 de marzo de 2006 y publicado en el B.O.E. Nº 74, del 28 de marzo de 2006. [28]
- Normas particulares de la Compañía Suministradora I-DE Redes Eléctricas Inteligentes, S.A.U. para los centros de transformación y para las redes subterráneas de AT hasta 30 KV. [29]
- Normas UNE-EN siguientes: [30] [29] [2] [16] [26] [27] [18] [19] [20] [21] [22] [23] [24] [25] [1] [17]

○ Generales:

UNE-EN 60060-1:2012	Técnicas de ensayo de alta tensión. Parte 1:
UNE-EN 60060-2:2012	Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 2: Sistemas de medida.
UNE-EN 60071-1:2006	Coordinación de aislamiento. Parte 1: Definiciones, principios y reglas. Coordinación de aislamiento. Parte 1: Definiciones, principios y reglas.
UNE-EN 60071-1/A1:2010	Coordinación de aislamiento. Parte 1: Definiciones, principios y reglas.
UNE-EN 60071-2:1999	Coordinación de aislamiento. Parte 2: Guía de aplicación.

UNE-EN 60027-1:2009	Símbolos literales utilizados en electrotecnia. Parte 1: Generalidades.
UNE-EN 60027-1:2009/A2:2009	Símbolos literales utilizados en electrotecnia. Parte: Generalidades.
UNE-EN 60027-4:2011	Símbolos literales utilizados en electrotécnica. Parte 4: Máquinas eléctricas rotativas.
UNE-EN 60617-2:1997	Símbolos gráficos para esquemas. Parte 2: Elementos de símbolos, símbolos distintivos y otros símbolos de aplicación general.
UNE-EN 60617-3:1997	Símbolos gráficos para esquemas. Parte 3: Conductores y dispositivos de conexión.
UNE-EN 60617-6:1997	Símbolos gráficos para esquemas. Parte 6: Producción, transformación y conversión de la energía eléctrica.
UNE-EN 60617-7:1997	Símbolos gráficos para esquemas. Parte 7: Aparamenta y dispositivos de control y protección.
UNE-EN 60617-8:1997	Símbolos gráficos para esquemas. Parte 8: Aparatos de medida, lámparas y dispositivos de señalización.
UNE 207020:2012 IN	Procedimiento para garantizar la protección de la salud y la seguridad de las personas en instalaciones eléctricas de ensayo y de medida de alta tensión.

○ **Aparamenta bajo envolvente metálica o aislante:**

UNE-EN 62271-200:2012	Aparamenta de alta tensión. Parte 200: Aparamenta bajo envolvente metálica de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.
UNE-EN 62271-201:2007	Aparamenta de alta tensión. Parte 201: Aparamenta bajo envolvente aislante de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.
UNE-EN 62271-203:2013	Aparamenta de alta tensión. Parte 203: Aparamenta bajo envolvente metálica con aislamiento gaseoso para tensiones asignadas superiores a 52 kV.
UNE 20324:1993	Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
UNE 20324 ERRATUM:2004	Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
UNE 20324/1M:2000	Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
UNE-EN 50102:1996	Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
UNE-EN 50102 CORR:2002	Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
UNE-EN 50102/A1: 1999	Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
UNE-EN 50102/A1 CORR:2002	Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).

○ **Transformadores de potencia:**

UNE-EN 60076-1:2013	Transformadores de potencia. Parte 1: Generalidades.
UNE-EN 60076-2:2013	Transformadores de potencia. Parte 2: Calentamiento de transformadores sumergidos en líquido.
UNE-EN 60076-3:2002	Transformadores de potencia. Parte 3: Niveles de aislamiento, ensayos dieléctricos y distancias de aislamiento en el aire.
UNE-EN 60076-3 ERRATUM:2006	Transformadores de potencia. Parte 3: Niveles de aislamiento, ensayos dieléctricos y distancias de aislamiento en el aire.
UNE-EN 60076-5:2008	Transformadores de potencia. Parte 5: Aptitud para soportar cortocircuitos.
UNE-EN 60076-11:2005	Transformadores de potencia. Parte 11: Transformadores de tipo seco.

UNE-EN 50464-1:2010	Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite 50 Hz, de 50 kVAs a 2500 kVAs con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV. Parte 1: Requisitos generales.
UNE-EN 50464-1:2010/A1:2013	Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite 50 Hz, de 50 kVAs a 2 500 kVAs con tensión más elevada para el material hasta 36 kV. Parte 1: Requisitos generales.
UNE 21428-1:2011	Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite 50 Hz, de 50 kVAs a 2500 kVAs con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV. Parte 1: Requisitos generales. Complemento nacional.
UNE 21428-1-1:2011	Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite 50 Hz, de 50 kVAs a 2500 kVAs con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV. Parte 1: Requisitos generales. Requisitos para transformadores multi-tensión en alta tensión.
UNE-EN 50464-2-1:2010	Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite 50 Hz, de 50 kVAs a 2500 kVAs con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV. Parte 2-1: Transformadores de distribución con cajas de cables en el lado de alta y/o baja tensión. Requisitos generales.
UNE-EN 50464-2-2:2010	Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite 50 Hz, de 50 kVAs a 2500 kVAs con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV. Parte 2-2: Transformadores de distribución con cajas de cables en el lado de alta y/o baja tensión. Cajas de cables Tipo 1 para uso en transformadores de distribución que cumplan los requisitos de lanorma EN 50464-2-1.
UNE-EN 50464-2-3:2010	Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite 50 Hz, de 50 kVAs a 2500 kVAs con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV. Parte 2-3: Transformadores de distribución con cajas de cables en el lado de alta y/o baja tensión. Cajas de cables Tipo 2 para uso en transformadores de distribución que cumplan los requisitos de lanorma EN 50464-2-1.
UNE-EN 50464-3:2010	Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite 50 Hz, de 50 kVAs a 2500 kVAs con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV. Parte 3: Determinación de la potencia asignada de transformadores con corrientes no sinusoidales.

○ **Fusibles de alta tensión:**

UNE-EN 60282-1:2011	Fusibles de alta tensión. Parte 1: Fusibles limitadores de corriente.
UNE 21120-2:1998	Fusibles de alta tensión. Parte 2: Cortacircuitos de expulsión.

○ **Cables y accesorios de conexión:**

UNE 211605:2013	Ensayo de envejecimiento climático de materiales de revestimiento de cables.
UNE-EN 60332-1-2:2005	Métodos de ensayo para cables eléctricos y cables de fibra óptica sometidos a condiciones de fuego. Parte 1-2: Ensayo de resistencia a la propagación vertical de la llama para un conductor individual aislado o cable. Procedimiento para llama premezclada de 1 kW.
UNE-EN 60228:2005	Conductores de cables aislados.

UNE 211002:2012	Cables de tensión asignada inferior o igual a 450/750 V con aislamiento termoplástico. Cables unipolares, no propagadores del incendio, con aislamiento termoplástico libre de halógenos, para instalaciones fijas.
UNE 21027-9:2007/1C:2009	Cables de tensión asignada inferior o igual a 450/750 V, con aislamiento reticulado. Parte 9: Cables unipolares sin cubierta libres de halógenos para instalación fija, con baja emisión de humos. Cables no propagadores del incendio.
UNE 211006:2010	Ensayos previos a la puesta en servicio de sistemas de cables eléctricos de alta tensión en corriente alterna.
NE 211620:2012	Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido y pantalla de tubo de aluminio de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV.
UNE 211027:2013	Accesorios de conexión. Empalmes y terminaciones para redes subterráneas de distribución con cables de tensión asignada hasta 18/30 (36 kV).
UNE 211028:2013	Accesorios de conexión. Conectores separables apantallados enchufables y atornillables para redes subterráneas de distribución con cables de tensión asignada hasta 18/30 (36 kV).

5.2.1 NORMAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO (ITC-LAT 02):

Se declaran de obligado cumplimiento las siguientes normas y especificaciones técnicas:

- Generales:

UNE 20324:1993	Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
UNE 20324/11V1:2000	Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
UNE 20324:2004 ERRATUM	Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
UNE 21308-1:1994	Ensayos en alta tensión. Parte 1: definiciones y prescripciones generales relativas a los ensayos.
UNE-EN 50102:1996	Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
UNE-EN 50102 CORR:2002	Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
UNE-EN 50102/A1:1999	Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
UNE-EN 50102/A1 CORR:2002	Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
UNE-EN 60060-2:1997	Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 2: Sistemas de medida.
UNE-EN 60060-2/A1:1999	Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 2: Sistemas de medida.
UNE-EN 60060-3:2006	Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 3: Definiciones y requisitos para ensayos in situ.
UNE-EN 60060-3 CORR.:2007	Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 3: Definiciones y requisitos para ensayos in situ.
UNE-EN 60071-1:2006	Coordinación de aislamiento. Parte 1: Definiciones, principios y reglas.
UNE-EN 60071-2:1999	Coordinación de aislamiento. Parte 2: Guía de aplicación.
UNE-EN 60270:2002	Técnicas de ensayo en alta tensión. Medidas de las descargas parciales.
UNE-EN 60865-1:1997	Corrientes de cortocircuito. Parte 1: Definiciones y métodos de cálculo.

UNE-EN 60909-0:2002	Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna. Parte 0: Cálculo de corrientes.
UNE-EN 60909-3:2004	Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna. Parte 3: Corrientes durante dos cortocircuitos monofásicos a tierra simultáneos y separados y corrientes parciales de cortocircuito circulando a través de tierra.

- **Cables y conductores:**

UNE 21144-1-1:1997	Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 1: Generalidades.
UNE 21144-1-1/2M:2002	Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 1: Generalidades.
UNE 21144-1-2:1997	Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 2: Factores de pérdidas por corrientes de Foucault en las cubiertas en el caso de dos circuitos en capas.
UNE 21144-1-3:2003	Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 3: Reparto de la intensidad entre cables unipolares dispuestos en paralelo y cálculo de pérdidas por corrientes circulantes.
UNE 21144-2-1:1997	Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 1: Cálculo de la resistencia térmica.
UNE 21144-2-1/1M:2002	Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 1: Cálculo de la resistencia térmica.
UNE 21144-2-1/21V1:2007	Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 1: Cálculo de la resistencia térmica.
UNE 21144-2-2:1997	Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 2: Método de cálculo de los coeficientes de reducción de la intensidad admisible para grupos de cables al aire y protegidos de la radiación solar.
UNE 21144-3-1:1997	Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 3: Secciones sobre condiciones de funcionamiento. Sección 1: Condiciones de funcionamiento de referencia y selección del tipo de cable.
UNE 21144-3-2:2000	Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 3: Secciones sobre condiciones de funcionamiento. Sección 2: Optimización económica de las secciones de los cables eléctricos de potencia.
UNE 21144-3-3:2007	Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 3: Secciones sobre condiciones de funcionamiento. Sección 3: Cables que cruzan fuentes de calor externas.
UNE 21192:1992	Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático.
UNE 2110031:2001	Límites de temperatura de cortocircuito en cables eléctricos de tensión asignada de 1 kV ($U_m=1,2$ kV) a 3 kV ($U_m=3,6$ kV).
UNE 211003-2:2001	Límites de temperatura de cortocircuito en cables eléctricos de tensión asignada de 6 kV ($U_m=7,2$ kV) a 30 kV ($U_m=36$ kV).
UNE 211003-3:2001	Límites de temperatura de cortocircuito en cables eléctricos de tensión asignada superior a 30 kV ($U_m=36$ kV).

UNE 211004:2003	Cables de potencia con aislamiento extruido y sus accesorios, de tensión asignada superior a 150 kV (Um=170kV) hasta 500 kV (Um=550 kV). Requisitos y métodos de ensayo.
UNE 211004/11V1:2007	Cables de potencia con aislamiento extruido y sus accesorios, de tensión asignada superior a 150 kV (Um=170kV) hasta 500 kV (Um=550 kV). Requisitos y métodos de ensayo.
UNE 211435:2007	Guía para la elección de cables eléctricos de tensión asignada superior o igual a 0,6/1 kV para circuitos de distribución.
UNE-EN 60228:2005	Conductores de cables aislados.
UNE-EN 60228 CORR.:2005	Conductores de cables aislados.
UNE-HD 620-9-E:2007	Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV. Parte 9: Cables unipolares y unipolares reunidos, con aislamiento de HEPR. Sección E: Cables con aislamiento de HEPR y cubierta de compuesto de poliolefina (tipos 9E-1, 9E-4 y 9E-5).
PNE 211632-4A	Cables de energía con aislamiento extruido y sus accesorios, para tensión asignada desde 36 kV (Um = 42 kV) hasta 150 kV (Um =170 kV). Parte 4: Cables con aislamiento de HEPR y cubierta de compuesto de poliolefina (tipos 1, 2 y 3).

- **Accesorios para cables:**

UNE 21021:1983	Piezas de conexión para líneas eléctricas hasta 72,5 kV.
UNE-EN 61442:2005	Métodos de ensayo para accesorios de cables eléctricos de tensión asignada de 6 kV (Um = 7,2 kV) a 36 kV (Um = 42 kV)
UNE-EN 61238-1:2006	Conectores mecánicos y de compresión para cables de energía de tensiones asignadas hasta 36 kV (Um=42 kV). Parte 1: Métodos de ensayo y requisitos.
UNE-HD 629-1:1998	Prescripciones de ensayo para accesorios de utilización en cables de energía de tensión asignada de 3,6/6(7,2) kV hasta 20,8/36(42) kV. Parte 1: Cables con aislamiento seco.
UNE-HD 629-1/A1:2002	Prescripciones de ensayo para accesorios de utilización en cables de energía de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV. Parte 1: Cables con aislamiento seco.

Serán de obligado cumplimiento las normas I-DE Redes Eléctricas Inteligentes, S.A.U. que existan en el momento de la redacción de este proyecto, las ordenanzas municipales y los condicionados impuestos por los organismos públicos.

5.3 DISPOSICIONES OFICIALES.

A los efectos de Autorizaciones Administrativas de Declaración en Concreto de Utilidad Pública y ocupaciones de terreno e imposición de servidumbres, se aplicará lo previsto en el Capítulo V del Real Decreto 1955/2000, del 1 de diciembre de 2000, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica, o en su defecto la reglamentación Autonómica que le fuese de aplicación. [20]

5.4 DEMANDA DE POTENCIA:

Como se había comentado anteriormente para la dotación de todos los servicios del Edificio de Viviendas Multifamiliares, se ha previsto una dotación de potencia de 207,400 kW en total, distribuidos de la siguiente forma:

Finca 1: C/ GUZMAN EL BUENO, 34 MADRID												
CUPS	Esc	Piso	Mano	Tipo Suministro	Potencia	Tensión	LGA	LINEA	KW LINEA			
ES0021000004949631SM		BAJO	ESCALERA ASCENSOR	SERVICIOS GENERALES	15,000 kW		LGA 1.1	L01				
ES0021000004949633SF		BAJO	L1	LOCAL COMERCIAL	18,000 kW							
ES0021000004949632SY		BAJO	A	LOCAL COMERCIAL	18,000 kW							
ES0021000004949634SP		1	1	Vivienda	9,200 kW							
ES0021000004949635SD		1	2	Vivienda	9,200 kW							
ES0021000040323786BE		1	3	Vivienda	9,200 kW							
ES0021000004949636SX		2	1	Vivienda	9,200 kW							
ES0021000004949637SB		2	2	Vivienda	9,200 kW							
ES0021000040323792NM		2	3	Vivienda	9,200 kW							
									106,200 kW			
ES0021000004949638SN		3	1	Vivienda	9,200 kW		LGA 2.1	L02				
ES0021000004949639SJ		3	2	Vivienda	9,200 kW							
ES0021000040323794NF		3	3	Vivienda	9,200 kW							
ES0021000004949640SZ		4	1	Vivienda	9,200 kW							
ES0021000004949641SS		4	2	Vivienda	9,200 kW							
ES0021000040323796ND		4	3	Vivienda	9,200 kW							
ES0021000004949642SQ		5	1	Vivienda	9,200 kW							
ES0021000004949645SL		5	2	Vivienda	9,200 kW							
ES0021000040323797NX		5	3	Vivienda	9,200 kW							
ES0021000004949643SV		6	1	Vivienda	9,200 kW							
ES0021000004949644SH		6	2	Vivienda	9,200 kW							
										101,200 kW		
Total Finca					207,400 kW							

5.5 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CT: [29] [31] [32] [33] [30]

El CT a instalar será de tipo lonja de los así definidos como “CENTRO DE TRANSFORMACIÓN EN EDIFICIO DE OTROS USOS”.

Los elementos constitutivos del CT serán:

- Local cuyo destino será el alojamiento del CT.
- Celdas de AT.
- Transformador.
- Cuadro de BT.
- Conjunto compacto automatizado.
- Armario de telegestión y comunicaciones.
- Fusibles limitadores.
- Interconexión celda - transformador.
- Interconexión transformador - cuadro de BT.
- Sistema de detección de intrusión (Sensor volumétrico o similar).
- Instalación de puesta a tierra (PaT).
- Señalización y material de seguridad.

- Esquemas eléctricos.
- Planos generales.

Así mismo, se deberá incorporar los elementos necesarios (equipos de telegestión, comunicaciones, alimentación, protección, cableados, etc.) que permitan implantar los sistemas de telegestión y telemedida, según se establece en el RD 1110/2007 de 24 de agosto y en la Orden ITC 3860/2007 de 28 de diciembre, adecuados a las características de la red de i-DE. [25] [1]

5.5.1 CARACTERÍSTICAS DEL LOCAL:

Para la dotación del centro de transformación necesario para el suministro eléctrico de los servicios propios de las Viviendas Multifamiliares, se ha previsto la instalación de un centro de transformación para el suministro en Baja Tensión, con las características que se indican a continuación:

5.5.2 UBICACIÓN Y ACCESOS. [31]

El centro de transformación estará ubicado a nivel de planta baja, en el interior del edificio, con acceso directo desde vía pública mediante una puerta preparada para tal efecto. Para la entrada de equipos se dispone de puerta de personas que será de libre acceso para la Compañía.

Para el acceso al interior del local del CT, se necesitará una llave normalizada de I-DE Redes Eléctricas Inteligentes, según norma NI 50.20.03, debido a que, en su interior, se instalarán los equipos de medida.

Las vías que permitan el acceso de materiales, deberán ser suficientemente dimensionadas para permitir el transporte en camión, del transformador y todos los elementos pesados del CT, hasta el local.

La ubicación del local elegida para albergar el CT, debe dar garantía de fácil acceso a servicios de emergencia, con buena posibilidad de evacuación en caso de emergencia, correcto acceso desde la vía pública para facilitar las tareas de mantenimiento y preservar la no inundabilidad del CT inclusive ante un fortuito inundamiento por avería o falla de su sistema de drenaje.

El emplazamiento debe permitir el tendido de cables desde el exterior, en la línea de fachada del edificio, y además se prevén las comunicaciones necesarias (GPRS, ADSL, etc.) para su telegestión.

5.5.3 ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS: [29] [31] [30]

Características generales. – El local destinado a contener en su interior el CT cumplirá con las condiciones siguientes:

- No deberá contener canalizaciones impropias al CT, como pudieran ser agua, vapor, aire, gas, etc.
- Se construirá mediante la utilización de materiales no combustibles de clase A2-s1, d0 según la norma UNE-EN 13501-1.
- Las paredes, techos, suelos y puertas de acceso al CT, así como los elementos estructurales en él contenidos (vigas, columnas, etc.), tendrán una resistencia al fuego R-90 para la estructura portante, EI-90 para las paredes y techos que lo separan del resto del edificio y EI2 45-C5 para las puertas de comunicación con el resto del edificio, conforme con lo indicado en la tabla 2.2. del CTE DB-SI, para el nivel de RIESGO BAJO, según la clasificación de la tabla 2.1 del CTE DB-SI.
- Los elementos delimitadores del CT (muros exteriores, cubiertas y solera), presentarán una transmitancia térmica máxima (W/m^2K) conforme a la tabla 3.1 de la sección HE 1 (Limitación de demanda energética) del DB HE Ahorro de Energía del CTE.
- Los elementos constructivos del Centro de Transformación cumplirán lo indicado en el DB HR Protección frente al Ruido del CTE, debiendo ser el aislamiento acústico a ruido aéreo del recinto donde se aloja el Centro de Transformación superior a 55 dBA y el nivel global de presión de ruido de impactos inferior a 60 dB.
- No se dispondrán ventanas, ni elemento alguno a menos de 1.5 m en la proyección vertical de las rejillas de ventilación del CT sobre la fachada.
- No se precisará de extintores móviles, al ser éste un elemento integrado en el vehículo del personal de mantenimiento

Muros y forjados exteriores. - Se construirán de forma que sus características mecánicas estén de acuerdo con el C.T.E.

El CTE DB-HE Ahorro de Energía establece que la envolvente térmica de un edificio está formada por todos los cerramientos que separan espacios habitables del ambiente exterior (aire, tierra u otra edificación), así como todas las particiones interiores que separan espacios habitables. con regiones inhabitables que a su vez están en contacto con el mundo exterior. [29]

La transmitancia térmica máxima del edificio con respecto a las particiones colindantes con el local destinado al Centro de Transformación deberá cumplir con la sección HE 1 (Limitación de demanda energética) del DB HE Ahorro de Energía. Se recomienda un valor de transmitancia térmica máxima, especificado en la Zona E de la tabla 2.3 (Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica) del DB HE Ahorro de Energía del CTE.

Suelo. - El suelo del CT tendrá una elevación mínima 0,2 m sobre el nivel exterior, con el fin de evitar la entrada de agua desde el exterior. El interior del CT será plano y sin escalones y con una ligera pendiente hacia las puertas de hombre. Las puertas de entrada al centro, tanto la de entrada hombre como las de entrada de equipos, serán accesibles desde la cota cero del nivel exterior.

Se habilitará un foso de recogida de dieléctrico bajo el transformador, con revestimiento resistente y estanco y con una capacidad mínima de 600 litros, de obra civil. En la parte superior del pozo de recogida se preverán cortafuegos. El foso tendrá las dimensiones indicadas en los planos y se podrán utilizar para su construcción los elementos especificados en el documento informativo NI 50.20.03, u otras referencias o especificaciones normativas (normas UNE o equivalentes).

El forjado del pavimento deberá aguantar una sobrecarga móvil de 3.000 kg/ m². En la zona de rodadura deberá aguantar una sobrecarga móvil 4500 kg/m² y 600 kg/ m² en el resto. Para ambos casos se recomienda realizar una estructura especial con forjado bidireccional.

Se habilitarán dos perfiles paralelos fijados sobre el suelo para apoyo y rodadura del transformador o conjunto compacto, con una distancia entre ejes de los perfiles de 670 mm. Estos perfiles serán amovibles para permitir distancias entre ejes de los carriles diferentes. Los perfiles pueden tomar como referencia el documento informativo NI 50.20.03 (perfil UPN 160; plano nº 941.589) de longitud 2.020 mm. u otras referencias o especificaciones normativas (normas UNE o equivalentes).

La instalación de los perfiles respecto al foso se hará de tal forma que la proyección del contorno del transformador sobre el foso de recogida de dieléctrico quede dentro del foso, de forma que cualquier fuga de dieléctrico que se pudiera producir, caiga dentro del foso.

Se habilitarán fosos independientes para la entrada de cables de AT a las celdas y cables de BT a los cuadros de BT, de dimensiones suficientes para el acceso de los cables a los equipos, cubierto (por un tramex, tapas o similar) y registrable, hasta el acceso a los equipos. Los circuitos correspondientes a tensiones diferentes deberán separarse entre sí.

Los cables deberán estar sujetos mediante elementos adecuados (regletas, ménsulas, bandejas, bridas, etc.) para evitar que los esfuerzos térmicos o electrodinámicos debidos a las distintas condiciones que pueden presentarse durante la explotación de las redes de A.T. puedan moverlos o deformarlos.

Se preverán canalizaciones entre los cuadros de Baja Tensión para cables auxiliares de mando, medida, etc.

Estos cables deberán estar protegidos y en caso de que vayan por el mismo foso, separados de los cables de AT o BT de los circuitos principales.

Acabado. - El acabado de la albañilería de los paramentos interiores será raseo con mortero de cemento y arena, lavado de dosificación 1:4, con aditivo hidrófugo en masa, talochado y pintado estando prohibido el acabado con yeso, cartón- yeso o materiales de características similares.

5.5.4 DIMENSIONES:

El CT, cumplirá en cuanto a anchuras de pasillos, altura libre y zona de protección contra contactos accidentales lo especificado en el apartado 6 del ITC-RAT 14.

La disposición de los equipos alojados en el local se muestra en los planos anexos.

Las zonas marcadas en los planos para equipos de telegestión, automatización o supervisión no serán ocupadas por otros equipos o elementos del CT en ningún caso. Las dimensiones interiores se muestran en la siguiente tabla:

INSTALACION	ALTURA	ANCHO	FONDO
CT	3,06 m	3,25 m	5,17 m

Tabla 4: Dimensiones nuevo CT

5.5.5 VENTILACION:

La ventilación será natural, disponiendo de ventilación a través de las rejillas de ventilación de entrada y de salida de aire. Par la entrada de aire frío, desde el exterior y a través de una rejilla de ventilación de 1,15x0,95m (1,09 m²) situada en la parte inferior de la puerta de acceso y otra rejilla de ventilación de 1,15x0,95m (1,09 m²) situada en la parte superior de la puerta de acceso y en todos los casos cumplirán con lo establecido en el DB-SI del Código Técnico de la Edificación.

Para la determinación de la superficie necesaria de entrada de aire fresco y salida de aire caliente se tendrá en cuenta la siguiente fórmula:

$$S = \frac{P}{0,24 \cdot C_r \cdot \sqrt{\Delta t^3 \cdot H}}$$

donde,

S = superficie en m², tanto de la rejilla de entrada de aire, como el de la salida.

P = suma de las pérdidas asignadas totales (en kW) de los transformadores según NI 72.30.00, más las pérdidas de los cuadros de BT, cuando circula por sus embarrados la corriente de baja tensión asignada del transformador.

Cr = coeficiente de forma de la rejilla de ventilación. Para la rejilla normalizada 0,4.

Δt = salto térmico permitido en °C. (15°C).

H = altura en m, entre ejes de las rejillas

Para el CT, siguiendo la disposición de los equipos y las dimensiones establecidas en el proyecto tipo, se garantiza que el Centro de Transformación tendrá una clase asignada 10 para la potencia asignada máxima del transformador (con las pérdidas que se establecen en el documento NI 72.30.00 para 400 kVAs y circulando por los embarrados del cuadro su intensidad asignada que para el cuadro de BT de un Centro de Transformación de 400 kVAs es de 630 A), de acuerdo al procedimiento de ensayos de aumento de temperatura establecido en la Norma UNE EN 62 271.

5.5.6 CARPINTERIA:

Tomando como guía el documento informativo NI 00.06, las carpinterías serán de metal y galvanizadas en caliente para su protección. 10 u otras especificaciones normativas justificables (normas UNE o equivalente) en los siguientes elementos: puertas, rejillas de ventilación, defensas de transformadores, tramex, bancadas, marcos, perfiles, soportes de cables, etc. Posiblemente de poliéster reforzado sean las puertas, rejillas de ventilación y tramex.

Las paredes de metal que son visibles desde el exterior también tendrán un acabado de pintura resistente a la intemperie que combine con el exterior del edificio. En este caso, la pintura debe ser apropiada para componentes galvanizados.

Las puertas y rejillas de ventilación a utilizar pueden tomar como referencia informativa el documento informativo NI 50.20.03 (planos nº 941.591 y nº 586.885) u otras referencias o especificaciones normativas (normas UNE o equivalentes). Tendrán un grado de protección IP 23D e IK 10 según las Normas UNE-EN 60529 y UNE EN 50 102 respectivamente. Las puertas se abatirán 180º sobre el paramento exterior, y estarán equipadas con un dispositivo capaz de mantenerlas en esa posición. La puerta de acceso al transformador o conjunto compacto se podrá abrir únicamente desde dentro de la instalación.

Para el CT, la puerta (trampilla) de entrada hombre tendrá un hueco útil mínimo de 700x 1350 mm. Para poder meter y sacar las celdas y el transformador se dispondrá de un hueco de 2390x1600 mm. compuesto por bloques de hormigón armado sobre cerco metálico.

5.5.7 DEFENSA DEL TRANSFORMADOR: [33]

Se utilizará malla metálica como defensa para evitar el acceso a los terminales de BT del transformador. Según la Norma UNE-EN 60529, dicha celosía será uniforme y tendrá al menos un grado de protección IP 1x.

El enrejado tendrá un borde superior que esté como mínimo a 100 cm del suelo y un borde inferior que esté como máximo a 40 cm del suelo.

Para el caso del CT se puede tomar como referencia la defensa especificada en el documento informativo NI 50.20.03, u otras referencias o especificaciones normativas (normas UNE o equivalentes) y estará separado como mínimo 10 cm del transformador. Parte de la defensa (la más cercana a las puertas) se deberá poder desmontar mediante una herramienta, para permitir el acceso a la puerta del transformador desde el interior sin desmontar el cuadro de Baja Tensión. Esta parte desmontable será como mínimo de 40 cm de ancho, y no se podrá colocar ningún equipo, armario u otro elemento que impida su desmontaje.

5.5.8 INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL ALUMBRADO:

La instalación eléctrica será canalizada en superficie y estará montada en canaletas de material aislante con un grado mínimo de protección IK 07, según la Norma UNE EN 50 102.

El cableado se realizará con conductor de cobre de 2,5 mm², tipo H07Z-K, según Norma UNE 21 027-9 pudiendo tomarse como referencia el documento informativo NI 56.10.00, u otras referencias o especificaciones normativas (normas UNE o equivalentes).

La instalación eléctrica de alumbrado tendrá un nivel de aislamiento, mínimo, a tensión asignada de corta duración a frecuencia industrial de 10 kV (valor eficaz durante 1 minuto).

Para la iluminación, el Centro de Transformación dispondrá de dos luminarias de clase 2, con un grado de protección IP 44 e IK 08, según las Normas UNE-EN 60529 y UNE EN 50 102 respectivamente, con base de polipropileno y difusor de policarbonato u otro material no fragmentable y transparente, y con un flujo luminoso medido mínimo de 1.200 lúmenes. El difusor será desmontable sin necesidad de herramienta.

En la jamba opuesta a las bisagras de la apertura de la puerta (trampilla) de entrada de hombre y a una altura del suelo de aproximadamente 1,20 m, se deberá instalar un interruptor omnipolar de clase 2 de montaje saliente de 250 V 10 A, con carcasa de material aislante y grado de protección IP 44 e IK 08, según las Normas UNE-EN 60529 y UNE EN 50 102 respectivamente.

Los elementos de protección de la instalación de alumbrado se ubicarán en la caja general de mando y protección del cuadro de BT.

5.5.9 ACOMETIDA DE CABLES:

La acometida de Alta Tensión se realizará a través de una canalización subterránea realizada con dos tubos de 160 mm de diámetro desde la Red de Distribución de la Compañía, procedente de la vía pública. Las salidas de BT se realizarán a través de los

pasamuros dispuestos sobre el muro de cerramiento por fachada para discurrir por la vía pública hasta las CGPs del edificio. El acceso de las todas las líneas, ya sean de AT como de BT, se hará mediante estos en exclusividad.

En la medida de lo posible, se dejará una coca de cable con suficiente longitud para que se pudiera conectar cualquier cable, ya sea de BT o MT, a cualquier posición.

La previsión de entradas para las ternas de cables en el CT será de 11(3 de AT y 8 de BT). Salvo un tubo que será de 200 mm de diámetro para permitir la conexión de un grupo electrógeno, los cables de BT irán siempre entubados en tubos de protección de 160 mm. Este tubo se designará para uso exclusivo con generadores. Si la sección de los cables es de 240 mm², los cables de AT se entubarán en tubos de 160 mm.

Adicionalmente se dispondrá una altura mínima de 2 punto 3 metros y un hueco de 140 mm de diámetro para cables de potencia de un generador. Este hueco estará tapado por una tapa que sólo se podrá retirar desde el interior de la instalación.

Las entradas y salidas de cables estarán debidamente selladas mediante sistemas que garanticen la estanqueidad.

La entrada y salida de los cables de Alta Tensión y Baja Tensión deberá realizarse a través de los fosos realizados en el suelo a tal efecto y lo más alejados posible para minimizar los campos electromagnéticos creados por las partes del circuito principal con circulación de corriente. separando la mayor parte de los tabiques los edificios destinados al Centro de Transformación de los recintos de habitación.

5.6 CELDAS DE A.T.: [34]

Las celdas cumplirán lo especificado en el documento NI 50.42.11 “Especificaciones Particulares - Celdas de Alta Tensión bajo envolvente metálica hasta 36 kV, prefabricadas, con dieléctrico de SF₆, para CT”.

Las celdas estarán fijadas al suelo.

La disposición de las celdas dentro del local cumplirá las instrucciones de instalación del fabricante de las celdas, respetándose las distancias necesarias para la salida y expansión de los gases en caso de arco interno en la celda.

Se evitará colocar las celdas centradas en la instalación, acercándolas a una pared lateral en la medida de lo posible, con objeto de dejar libre en un lado el espacio necesario para los equipos de comunicaciones, protección y control.

Se instalará un sistema modular con sistema de aislamiento integral en gas de ORMAZABAL, compuesto por una unidad de aparamenta formada por 2 funciones de línea y una de Protección de MT de aislamiento integral en SF₆, Telemandadas con una tensión de aislamiento de 24 kV (Celda compacta CGMCOSMOS-2LPT).

La unidad integral compacta con telemando consta de dos funciones de línea y una de protección con fusibles, más la celda de servicios auxiliares, junto con unidades ekorsys para funciones de automatización y telemandos:

- Conjunto optimizado para telemando de C1.
- Módulos ampliables hasta 5L-2P.
- Unidad compacta RMU (Ring Main Unit) + RTU (Remote Terminal Unit):
 - RTU
 - Conversor AC/DC y cargador de batería.
 - Batería.
 - Cajón de control OLTC.
- Relé + transformadores toroidales.

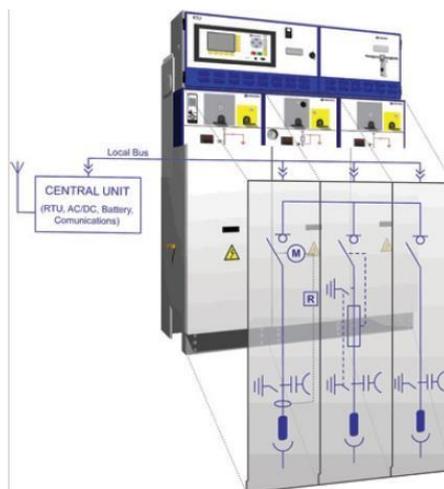


Ilustración 56: Celdas de MT CGMCosmos

5.7 TRANSFORMADOR: [29] [33]

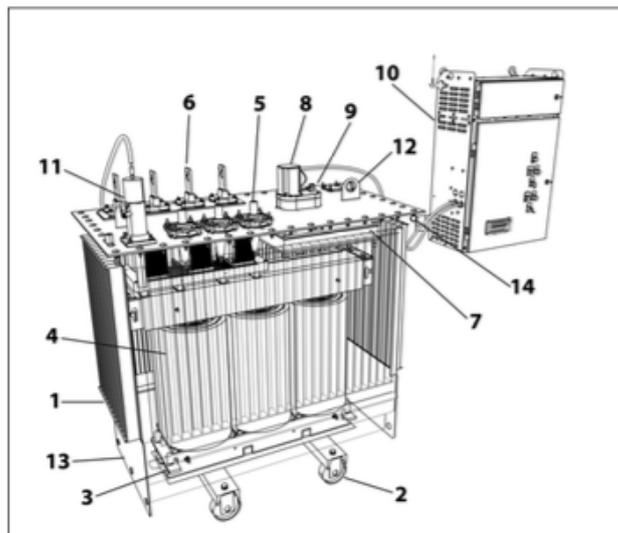
Se instalará un transformador hermético de llenado integral, sumergido en dieléctrico líquido del tipo OLTC, de la marca ORMAZABAL-COTRADIS conocido con el nombre de transformama.smart, con una potencia nominal de 400 KVA bitensión en el lado de MT (15 Kv/20Kv). El transformador contará con un cajón de control para un cambiador de tomas en carga para mantener la tensión estable dentro de los parámetros establecidos. Por último, contará con un sensor digital (TPL) para monitorizar a tiempo real la temperatura, presión y nivel de dieléctrico que estará en comunicación con el cajón de control del propio transformador.

Entre la puerta de acceso al transformador y el transformador habrá una distancia mínima de 400 mm para permitir la apertura de la puerta desde el interior.

El transformador se montará encima de los perfiles, interponiendo entre el transformador y los perfiles 4 antivibradores o bien colocando una losa flotante prefabricada bajo el transformador. Para ambos podrá tomarse como referencia el documento informativo NI 50.20.03, u otras referencias o especificaciones normativas (normas UNE o equivalentes), para absorber las vibraciones que se pudieran producir durante el funcionamiento del transformador.

Una vez instalado el transformador, se deberá garantizar que éste queda totalmente fijado al suelo, evitando que puedan producirse desplazamientos accidentales del transformador.

El lado de conexión de BT del transformador quedará en el lado más alejado de las paredes del local.



1	Cuba
2	Ruedas y perfiles de soporte
3	Circuito magnético
4	Devanados
5	Conectores de media tensión
6	Conectores de baja tensión
7	Cambiador de tomas en carga (OLTC)
8	Mecanismo de maniobra motorizado:
9	Visor de posición OLTC
10	Unidad de control ekor.tsm
11	Sensor digital (temperatura, presión y nivel del dieléctrico líquido)
12	Cáncamos de elevación
13	Cáncamos de arrastre
14	Cáncamos de arriostamiento

Ilustración 57: Transformama.smart Ormazabal/cotradis

Las características del transformador instalado serán las siguientes:

Transforma.smart		
Tensión asignada de MT	KV	15/20
Tensión más alta para el equipo	KV	24
Número de fases	---	3
Frecuencia asignada	Hz	50
Potencia asignada	KVA	400
Refrigeración	---	ONAN
Número de posiciones OLTC	---	9
Tensión de paso asignada	V	Del 1% a 3% (típicamente, 9x2,5%=±10%)
Tensión soportada a frecuencia industrial (50Hz) durante 1 min (MT)	KV	50
Tensión soportada a impulso tipo rayo (MT)	KV	125
Longitud	mm	1336
Fondo	mm	896
Alto	mm	1751
Peso	Kg	1900

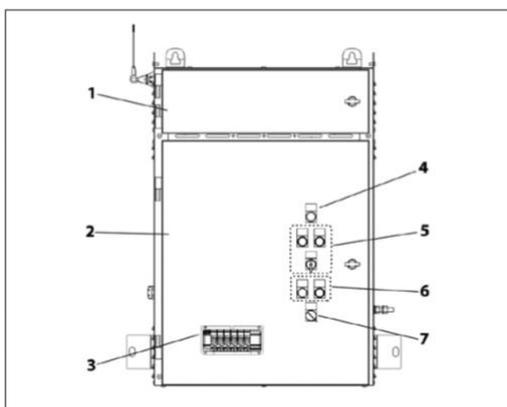
Tabla 5: Características eléctricas transforma.smart

5.7.1 CAJON DE CONTROL:

En este apartado se muestra más en detalle el cajón de control, en este caso se instalará un cajón de control de tipo avanzado que ya cuenta con todos los elementos necesarios para las comunicaciones, además de batería y cargador independiente para poder realizar las maniobras sobre el de manera remota.

Esta unidad de control cuenta con un teclado a través del cual se podrá gestionar y configurar la unidad en modo maniobra local.

Las conexiones del cajón de control se encuentran en la parte inferior y laterales del mismo.



1	Zona de comunicaciones
2	Zona de regulación de tensión
3	Interruptores magnetotérmicos de protección (V_{ca}/V_{cc})
4	Indicador de cambiador de tomas en carga, bloqueado
5	Pilotos y selector de modos local / telemando
6	Pilotos y pulsadores de modos manual / automático

Ilustración 58: Cajón de control OLTC

5.8 CUADRO DE BT: [32]

El CT irá dotado de un Cuadro de Baja Tensión tipo CBT-EAS-ST-SL-1600-8 de 8 salidas con supervisión avanzada, en envoltorio de doble aislamiento de dimensiones aproximadas (alto, ancho, fondo) 1500 x 1030 x 300 mm.

La función del CBTO consiste en repartir la salida del transformador en un número de salidas protegidas e independientes (BTVC TRIVER+) para la red de distribución de Baja Tensión.

Está compuesto por un seccionador vertical 3F+N con acometida superior y acometida auxiliar o socorro, un panel aislante, bases portafusibles (BTVC TRIVER+) y el control.

En el caso de fijación al suelo, dispone de un bastidor para su instalación.

La acometida está diseñada para un máximo de 4 cable.

Este cuadro cumplirá lo especificado en el documento NI 50.44.03 "Especificaciones Particulares - Cuadro de distribución en BT con embarrado aislado y seccionamiento para Centros de Transformación de interior.



Ilustración 60: CBTO-AS8

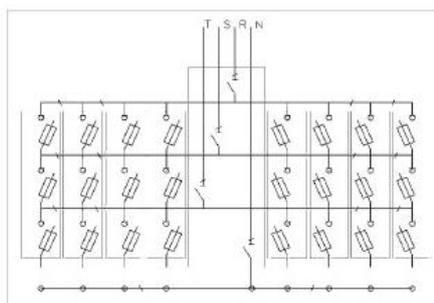


Ilustración 59: Esquema Unifila CBTO

Con objeto de minimizar la emisión de campos electromagnéticos creados por las partes del circuito principal con circulación de alta corriente (baja tensión), el cuadro de baja tensión se instalará lo más cerca posible del transformador siendo la interconexión entre transformador y cuadro lo más corta posible, y se instalará lo más alejado posible de las paredes y techo que separan el local destinado al centro de transformación de recintos habitables.

5.9 INTERCONEXIÓN CELDAS/TRANSFORMADOR: [34] [33]

La conexión eléctrica entre la celda y el transformador se realizará con cable unipolar seco de aluminio de 50 mm² de sección y del tipo HEPRZ1 (AS), empleándose la tensión asignada del cable 12/20 kV para tensiones asignadas de hasta 24 kV.

Estos cables dispondrán en sus extremos de terminales enchufables rectos o acodados de conexión sencilla, siendo de 24 kV/250 A para los CTs de hasta 24 kV.

5.10 INTERCONEXIÓN TRANSFORMADOR/CBTO:

La conexión eléctrica entre el transformador y el cuadro de BT se realizará con cable unipolar de 240 mm² de sección, con conductor de aluminio tipo XZ1-Al y 0,6/1 kV.

El número de cables será para este caso de 4 por fase y 4 para el neutro.

Estos cables dispondrán en sus extremos de terminaciones monometálicas (de uso bimetalico) tipo CTPT-150/240 o tipo TMC-240.

5.11 FUSIBLES LIMITADORES:

El tipo de fusibles que se instalarán en las celdas de MT serán de los denominados “fusibles fríos”.

Los fusibles se corresponderán en medidas con los descritos en la ilustración 60.

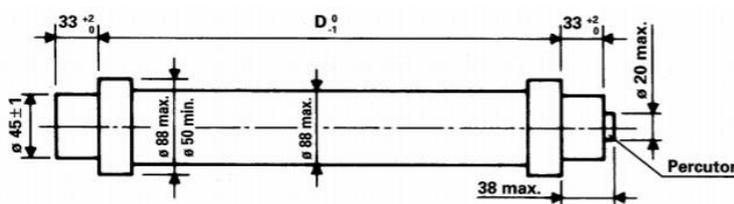


Ilustración 61: Fusible limitador MT

Para una tensión nominal de 15KV y 400KVA de potencia del transformador, el calibre a instalar de los fusibles será de 40A.

5.12 AUTOMATIZACIÓN, TELEGESTIÓN Y COMUNICACIONES:

El Centro de Transformación irá dotado, de los elementos que permitan realizar las funciones de automatización de red, telegestión y comunicaciones.

Los siguientes componentes conforman la solución escogida para la instalación del hardware de telegestión en este centro de transformación:

5.12.1 ARMARIO TELEGESTIÓN ATG-I- 1BT -MT-PLC+ acoples PLC:

A la hora de la instalación de los Armarios de Telegestión, habrá que estudiar los canales de comunicación disponibles en la situación elegida para instalar el nuevo CT y, por ende, el Concentrador de la nueva instalación de Telegestión.

Estos Armarios contienen los concentradores de datos de medida, hardware de comunicaciones y demás componentes necesarios para su funcionamiento

Se pueden aplicar métodos de comunicaciones basados en redes de operador 3G o comunicaciones PLC de banda ancha en líneas de Media Tensión cuando los

nuevos suministros requieran la construcción de un nuevo Centro de Transformación. El centro de transformación que se construirá en nuestro escenario será el MAESTRO y TRONCAL de una subcélula de PLC, es decir que se encargará de planificar la comunicación de los demás centros de transformación aguas abajo y de enviar los datos al exterior vía GPRS- 3G.

El C. T. El maestro y la troncal se montarán dentro del C. T. donde se colocará el router GPRS. ARMARIO DE COMUNICACIONES ACOM-I-GPRS.

El esquema de conexión es el siguiente:

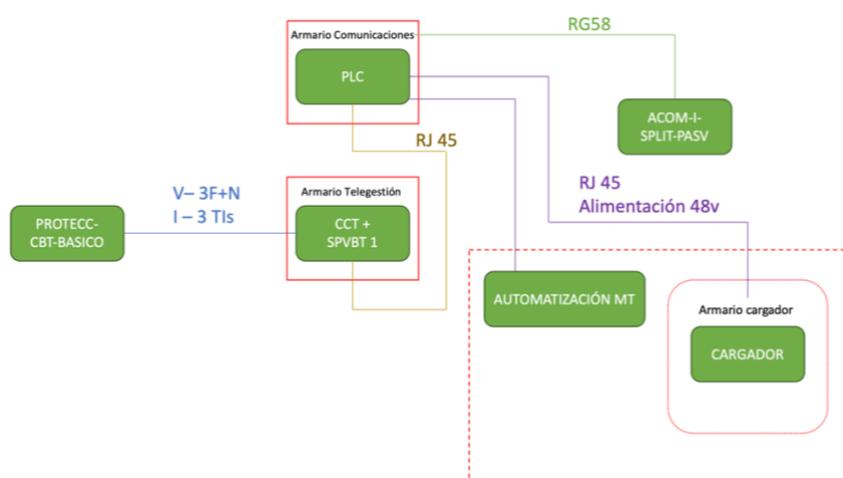


Ilustración 62: Esquema conexión comunicaciones CT

- Armario Telegestión: En el interior de este armario se encuentran todos los equipos para la telegestión y supervisión de la BT (CCT y SPVBT). Los conjuntos SPVBT se igualarán en número con los CBT a instalar. Definimos dos acrónimos importantes en este momento:
 - CCT (Concentrador) Se encarga de recibir, almacenar y enviar toda la información y todas las ordenes de los contadores inteligentes para su posterior transmisión a el sistema central.
 - SPVBT (Supervisión de BT) Equipo que nos permite operar la red de BT de tal manera que brindará un mejor servicio, trabajando de manera eficiente, a los puntos de suministro instalados, además de completar paralelamente la información obtenida de la telegestión.
- Armarios Cargador: En su interior cuenta con una batería con un amperaje de 13Ah o 2,5 Ah, además cuenta con un cargador para esas baterías. En el caso de la existencia en el CT de armario de Automatización, este será el encargado de incluir tanto el cargador como la batería en su interior.

- Armario Comunicaciones: En su interior se ubicará el router 2G/3G o equipos PLC.
- Armario Splitter Pasivo: ACOM-I-SPLT_PASV. Cajón por el cual concurren, agrupan y concentran los diferentes tendidos y conexiones del PLC hasta las celdas MT.
- PROTEC-CBT-BASICO: Integrado en el CBT y Comúnmente conocido como “cuadro de automáticos”, contiene los PIA de protección de la alimentación de 230v y el conexionado entre TÍ’s y captadores de tensión necesaria para el funcionamiento de la telegestión.

5.12.2 CONCENTRADOR SPV-BT. ATG.

Fabricante del equipo: ZIV
Modelo: ACCTEAB332126BB.



Ilustración 63: Concentrador ZIV

5.12.3 ROUTER GPRS.

Fabricante del equipo: TELDAT
Modelo: REGESTA-PRO-ER-MR



Ilustración 64: Router TELDAT

5.12.4 CARGADOR / RECTIFICADOR

Fabricante del equipo: ZIGOR

Modelo: TPS 120



Ilustración 65: Cargador / Rectificador Zigor

5.12.5 SWITCH

Fabricante del equipo: ZIV

Modelo: 3SWT



Ilustración 66: Switch ZIV

5.12.6 PLC MT (API).

Fabricante del equipo: CORINEX.

Modelo: CXP-MVCI-GWYC.



Ilustración 67: API Corinex

5.12.7 ACOPLO DE MT

Fabricante del equipo: ZIV.
Modelo: ACCA- 500.



Ilustración 68: Acoplo MT

5.12.8 ANTENA COMUNICACIONES 3G-GPRS-OMNI-EXT.

Fabricante del equipo: LAMBDA.
Código: BC165-3G.



Ilustración 69: Antena comunicaciones.

Todo el material anteriormente descrito se complementará con material de uso general en instalaciones eléctricas de control como pudieran ser tubos rígidos-curvables anillados de polímero plástico libre de halógenos, fijaciones para los propios tubos, cajas de derivación, cables unipolares libre de halógenos, de colores y secciones definidos para cada montaje, tornillería inoxidable de fijación de armarios y canalizaciones, etc.

5.13 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA (PaT):

El sistema de puesta a tierra es un componente básico en cualquier instalación eléctrica, ya sea de MT o BT y sus objetivos principales son:

- Reducir la tensión que las masas metálicas ejercen sobre el suelo.
- Garantizar que la protección sea eficaz.
- Reducir o eliminar la posibilidad de fallo del material eléctrico.

La puesta a tierra (PaT), en lo referente a electrodo, conexiones y acera perimetral, deben cumplir las siguientes condiciones:

A la línea de tierra de protección del CT, se conectará:

- Partes metálicas de protección mecánica como cuba del transformador, envolventes metálicas de la apartamentada de MT (conexión en dos puntos) y carcasa metálica de CBT.
- Pantalla semiconductor del cable HEPRZ1, tanto de llegada como de salida de las líneas de MT.
- Los armarios metálicos que pudieran haber sido instalados en el CT, ya sean los de telegestión, comunicaciones u otros usos.

Quedarán exentas de conexión a la línea de tierra de protección tanto las puestas de entradas a las instalaciones como las rejillas de ventilación del CT.

Para la conexión de los elementos con las cajas de seccionamiento del sistema de PaT se utilizarán los siguientes conductores:

- Electrodo de puesta a tierra de protección estará compuesto por 5 varillas de acero recubiertas de cobre separadas 3 metros entre sí y conectadas por cable de cobre desnudo de 50 mm² de sección.
- Cables de aleación de aluminio o cobre desnudo con una sección de 50 mm².
- Caja de conexión a tierra para reflejar las condiciones típicas de operación.
- Los conductores enterrados serán de cobre desnudo con sección de 50mm².

5.14 RUIDOS Y VIBRACIONES: [35]

Las instalaciones de alta tensión se dimensionarán y diseñarán para cumplir con los estándares 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 relación con la zonificación acústica, objetivos de calidad, y emisiones acústicas, con el fin de reducir el ruido que producen.

Cuando el recinto que alberga la instalación de alta tensión se encuentre dentro de una estructura residencial y la demostración del cumplimiento de los límites no sean demostrables mediante cálculos, se tomarán medidas adicionales de cumplimiento. La Administración pública competente podrá realizar inspecciones con sus propios equipos o, a petición del interesado, control estadístico, para asegurarse de que no se superan los límites máximos admisibles en las inmediaciones de las instalaciones de alta tensión. También podrá delegar la medición de dichas áreas en organismos de inspección. En mediciones de ruido, control autorizado o laboratorios acreditados.

Se utilizarán cuatro almohadillas antivibración, apropiadas para la masa y la frecuencia de vibración del transformador, para montar el transformador de manera que se absorban las vibraciones que puedan ocurrir durante su funcionamiento.

5.15 ESQUEMAS ELECTRICOS:

El esquema unifilar del nuevo CT instalado de dos celdas de MT de línea, una celda de MT de protección de trafo, transformador y CBT asociado al mismo sería:

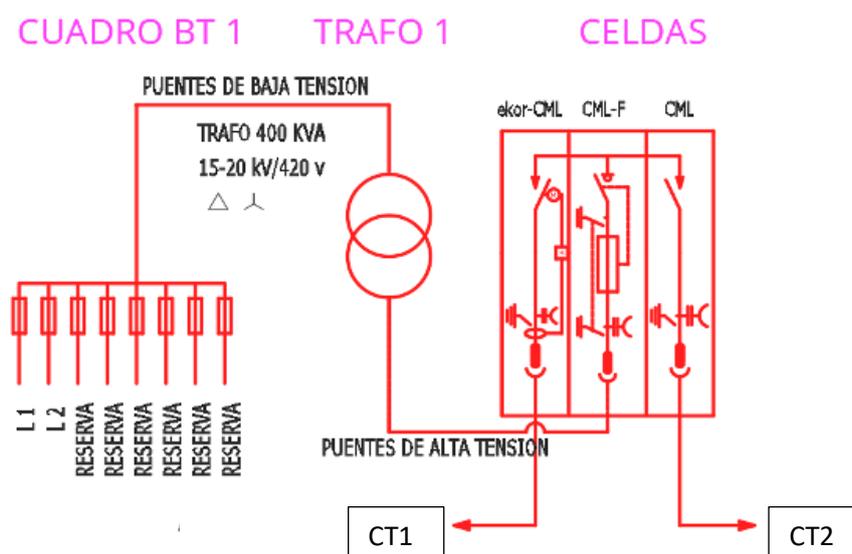


Ilustración 70: Esquema unifilar Nuevo CT

5.16 OTROS MATERIALES (SEGURIDAD Y PRIMEROS AUXILIOS):

El CT contará con una serie de materiales de seguridad colectiva como:

- Banqueta aislante para la realización de maniobras de las celdas de MT.
- Varias señalizaciones de seguridad como riesgo eléctrico, primeros auxilios, cinco reglas de oro, teléfonos de emergencia, acceso a CT, uso obligatorio de EPI (Equipo Protección Individual).
- Carteles identificativos tanto de la instalación como de sus elementos de maniobra.

Contará con un dispositivo de recogida de dieléctrico líquido mediante fosos colectores recubiertos con un lecho de guijarros.

Contará con sistemas de extinción mediante extintores móviles con eficacia mínima 89B a una distancia no superior a 15m.

5.17 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LÍNEA SUBTERRANEA DE MEDIA TENSIÓN (LSMT):

Se prevé la instalación de un circuito de alimentación con línea tanto de entrada como de salida con cable de aluminio HEPRZ1 12/20 KV de 240mm² de sección.

5.17.1 CONDUCTORES: [18] [29] [30] [36]

Conforme al artículo 3 del Reglamento sobre Instalaciones Técnicas y Garantías de Seguridad en líneas eléctricas de Alta Tensión y a ITC-LAT06, las características técnicas de la instalación a instalar serán:

Tipo de instalación _____ Canalización subterránea entubada
Clase de corriente _____ Alterna trifásica
Frecuencia _____ 50 Hz
Categoría de la línea _____ Tercera
Tensión nominal (U0/U) _____ 15 kV
Categoría de la red (Según UNE 211435) _____ A
Tensión más elevada (Um) _____ 20 kV
Duración del defecto a tierra _____ inferior a 1 minuto
Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo _____ 125 kV
Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial _____ 50 kV

5.17.1.1 TIPO DE CABLE:

Se utilizará cable de aluminio unipolar, con aislamiento dieléctrico seco en conformidad con la norma UNE HD 620 con características técnicas complementarias ITC 06:

- **Conductor**: Aluminio compacto de sección circular clase 2 UNE-EN 60228.
- **Pantalla sobre el conductor**: Capa de mezcla semiconductor de aplicación por extrusión.
- **Aislamiento**: Conglomerado a base de etileno propileno de alto módulo (HEPR)
- **Pantalla sobre el aislamiento**: Capa de mezcla semiconductor pelable, de carácter no metálico, asociada a una corona de alambres y contraespiras de cobre, aplicada por extrusión.

- **Cubierta:** Compuesto permoplástico a base de poliolefina y sin contenido de componentes clorados u otros contaminantes.

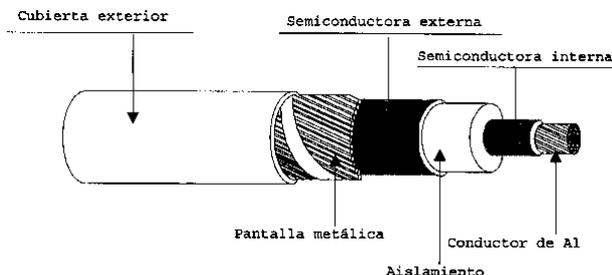


Ilustración 71: Cable HEPRZ1

Para líneas subterráneas de MT de 15KV/20KV se utiliza el reseñado en las siguientes tablas:

Tipo constructivo	Tensión nominal (kv)	Sección del conductor (mm ²)	Sección de la pantalla (mm ²)	suministro	
				Longitud normalizada ± 2% m	Tipo de bobina UNE 21 167-1
HEPRZ1	12/20	240	16	1000	22

Tabla 6: Características cable MT (1)

Tipo constructivo	sección (mm ²)	Tensión nominal (kv)	Resistencia máx. a 90°C (Ω/km)	Reactancia por fase (Ω/km) (*)	Capacidad (μF/km)
HEPRZ1	240	12/20	0,162	0,105	0,453

Tabla 7: Características cable MT (2)

5.17.2 INTENSIDADES ADMISIBLES:

La intensidad máxima admisible para un conductor, va a depender de la temperatura que sea capaz de soportar el aislante de dicho conductor, sin alteraciones de sus propiedades, ya sean eléctricas, mecánicas o químicas.

Hay que diferenciar entre las intensidades máximas admisibles para un cable que esté en servicio permanente o sometido a un ciclo de carga (cortocircuito).

En la siguiente tabla se especifican dichas intensidades.

Tipo de Aislamiento	CONDICIONES	
	Servicio permanente	Cortocircuito t ≤ 5s
HEPR (Etileno Propileno de alto módulo)	105 °C	>250 °C

Tabla 8: Temperatura máxima admisible para cable seco

5.17.3 ACCESORIOS (EMPALMES Y TERMINALES): [37]

Todos los materiales utilizados para este fin, estarán en correlación de la naturaleza, composición y sección de los cables instalados, sin que aumenten la resistencia eléctrica de los mismos.

Se intentará, en la medida de lo posibles, garantizar el menor número de empalmes en el conductor de MT.

Las terminaciones o terminales, asimismo, deberán ser adecuados a las características ambientales de instalación de los conductores asociados a ellos (interior, exterior, contaminación, etc.).

Los accesorios de conexión, tendrán una ejecución y montaje conforme con el Manual Técnico correspondiente propiedad de la empresa distribuidora o instrucciones del fabricante.

5.17.4 INSTALACIÓN DE CABLES AISLADOS:

Debido a la zona geográfica seleccionada para la instalación de este nuevo CT, la red de distribución eléctrica pertenece a i-DE (Iberdrola), la cual no permite, según sus manuales técnicos y normas propias, la instalación de cable enterrado, debido a que, en caso de avería, la responsabilidad de reposición del suministro en el menor tiempo posible, se verá comprometida con una canalización enterrada de los conductores.

Para ello, se propone una canalización entubada que, además de subsanar parcialmente el problema anterior, minimiza los riesgos derivados de la construcción e instalación de la línea subterránea.

5.17.4.1 CANALIZACIONES:

Salvo en caso de fuerza mayor, todas las canalizaciones, discurrirán por suelo de dominio público en suelo urbano o en urbanización que tenga las cotas (alineaciones y pendientes) previstas en el proyecto de urbanización, preferentemente bajo la acera. La disposición debe ser lo más rectilínea posible y paralela a las fachadas principales del edificio o, en su defecto, a los bordillos en toda su longitud.

Se deberá mantener la sección uniforme del conductor cuando este se instale en redes malladas o con explotación de doble alimentación, la cual se adecuará a documento NI 56.43.01 (i-DE).

En función a la UNE-HD 620-1, el radio de curvatura del cable, después de la instalación, será al menos 15 veces su diámetro nominal, mientras que, el radio durante las operaciones de tendido, será más de 20 veces ese tamaño.

La colocación de accesorios terminales o empalmes, no estará permitida en el interior del tubular, debiendo realizarlo en el interior de una arqueta registrable, las cuales no estarán distanciadas entre sí más de 100m y garantizaran acceso a multitubo instalado como conducto de cables de control, redes multimedia, etc.

5.17.4.1.1 CANALIZACIÓN ENTUBADA:

Se construirá con tubos de plástico, se colocará sobre un lecho de arena y se enterrará adecuadamente en una zanja. Cada uno de los tubos tendrá instalado un único circuito eléctrico.

En función a los datos proporcionados por el fabricante, se deben respetar los cambios de curvatura, evitando los cambios de dirección de los tubos. Se dispondrá de arquetas con tapas registrables, en las ubicaciones donde se estime necesario, para facilitar el manejo de los cables y no sobrepasar las tensiones de tiro. Los tubos entubados deberán tener sus extremos debidamente sellados a la entrada del pozo.

La profundidad, medida desde la parte superior del tubo más cercana a la superficie, no debe ser inferior a 0,6 m. en aceras o terrenos, o 0,8 m. en las carreteras.

En función de la cantidad de tubos, se instalarán una o varias cintas de señalización que sirvan de aviso de la presencia de cables eléctricos.

Para la construcción de redes inteligentes, se requiere la preparación de todas las canalizaciones, ya sean para conductor eléctrico como conductor de telecomunicaciones. Los multitubos utilizados en la instalación de comunicaciones tendrán propiedades similares a las que presentan los tubos para conductor eléctrico anteriormente mencionadas. Esta canalización será continua en toda su longitud para facilitar la instalación de los cables de control y red multimedia.

5.17.4.2 CRUZAMIENTOS:

- **Calles, caminos y carreteras:** en caminos, carreteras, senderos, etc., los tubos de conducción deberán ser hormigonados en toda su longitud, salvo que se empleen sistemas de perforación tipo topo, en cuyo caso no será necesario este requerimiento. Siempre que sea posible, el cruce será perpendicular a la dirección de la carretera.
Tres tubos serán el mínimo indispensable, y si hay múltiples circuitos, al menos un tubo de reserva deberá estar presente.
- **Ferrocarriles:** Al instalar canalizaciones entubadas en cruces de ferrocarril, se debe tener cuidado de mantener las tuberías por lo menos 1,3 m por debajo de la cara inferior de la traviesa y perpendiculares a la vía siempre que sea posible. En cada extremo, los tubos se extenderán 1,5 metros más allá de las vías del tren. Salvo que se utilicen sistemas de perforación tipo topo, en cuyo caso no será necesaria esta solicitud, los tubos de conducción deberán hormigonarse en toda su longitud.
- **Con otros cables de energía eléctrica:** En la medida de lo posible, se procurará que el tendido de los conductores de MT quede por debajo del

tendido de los conductores de BT, siendo la distancia mínima entre cables de 0.25m.

- **Cables de telecomunicaciones:** Entendemos por este tipo de conductores aquellos que presenten elementos metálicos en su composición, ya sea por tener conductores de cobre o por presentar protecciones metálicas. Esta casuística deja fuera de la categoría a los conductores de fibra óptica dieléctricos con resistencia al fuego.

La separación mínima entre conductores eléctricos y de comunicaciones sera 0,20m.

- **Canalizaciones con agua:** Se evitará, en la medida de los posible, los cruzamientos por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o por los empalmes de la canalización eléctrica, con separación entre unas y otras de a menos 1m del punto de cruce.

Los cables eléctricos se mantendrán a una distancia mínima de este tipo de canalizaciones de 0,20m.

- **Canalizaciones de gas:** En los cruzamientos con canalizaciones entre cables eléctricos y gas, debido a la característica inflamable del fluido que discurre por su interior, hay que mantener las distancias mínimas establecidas en la siguiente tabla:

	Presión de la instalación de gas	Distancia mínima (d) sin protección suplementaria	Distancia mínima (d) sin protección suplementaria
Canalizaciones y acometidas	En alta presión > 4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión ≤ 4 bar	0,40 m	0,25 m
Acometida interior (*)	En alta presión > 4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión ≤ 4 bar	0,25 m	0,10 m

Tabla 9: Distancias canalizaciones Gas

Cuando no se pueda mantener las distancias anteriormente descritas en la tabla, se reducirá dicha distancia a través de la colocación de protecciones suplementarias hasta llegar a los mínimos que establece dicha tabla. Estas protecciones suplementarias estarán, preferentemente, constituidos por materiales de tipo cerámico como baldosas, rasillas, ladrillos, etc.

Las protecciones suplementarias cerámicas garantizarán la mínima cobertura longitudinal de 0.45m a ambos los dos del cruce y 0.30 m de anchura centrada con la canalización a proteger de acuerdo con la siguiente ilustración:

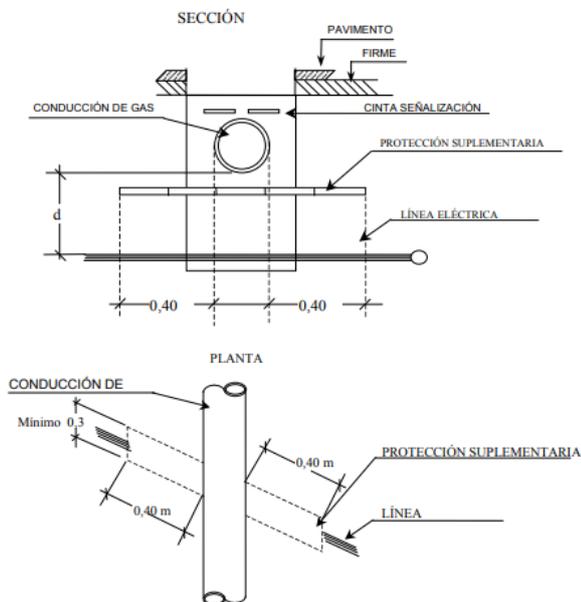


Ilustración 72: Canalización GAS.

- **Con conducciones de alcantarillado:** Se pasarán los conductores por encima de las alcantarillas sin admitir la incisión en su interior, aunque sí se podrá incidir en su pared, siempre y cuando no se debilite la misma.

En todos los casos anteriores si, por causa de fuerza mayor, no se pudiera garantizar las distancias establecidas, los conductores se dispondrán en tubos que cumplan con la resistencia de compresión de 450N y que, para un diámetro de 160mm², soporten un impacto de energía mínimo de 40J.

5.17.4.3 PARALELISMOS:

Cualquier conductor de AT debe cumplir una serie de condiciones y distancias que se describirán a continuación, procurando evitar, en todos los casos, que la instalación de los mismos quedara en el mismo plano vertical que el resto de conducciones.

- **Otros cables de energía:** Se podrá instalar conductores de AT paralelos a conductores de BT u otros de AT, siempre y cuando se mantenga una distancia no inferior a 0,25m.

- **Canalizaciones de agua:** A igual que en los cruzamientos, la mínima distancia permitida entre canalizaciones de agua y conductores de energía eléctrica será de 0,20m y, la distancia mínima entre las juntas de las canalizaciones de agua y los empalmes de los conductores de energía será de 1m.
- **Canalizaciones de gas:** Se mantendrán las distancias mínimas en paralelismos entre canalizaciones de gas y con ductores de energía eléctrica en correlación con la siguiente tabla:

	Presión de la instalación de gas	Distancia mínima (d) sin protección suplementaria	Distancia mínima (d) sin protección suplementaria
Canalizaciones y acometidas	En alta presión > 4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión ≤ 4 bar	0,25 m	0,15 m
Acometida interior (*)	En alta presión > 4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión ≤ 4 bar	0,20 m	0,10 m

Tabla 10: Paralelismos conducciones GAS

- **Conducciones de alcantarillado:** Al igual que en los cruzamientos, se pasarán los conductores por encima de las alcantarillas sin admitir la incisión en su interior. Si no fuera posible adecuarlo a lo anterior, se podrá pasar por debajo de las mismas, disponiendo los conductores con una protección de adecuada resistencia mecánica.

5.17.5 PUESTA A TIERRA DE CUERTAS METÁLICAS:

Irán conectados a tierra (PaT), todas las pantallas y armaduras de todas las fases y todos los conductores con continuidad estructural, en ambos extremos, para garantizar que no haya presencia de tensiones inducidas en las cubiertas metálicas.

5.17.6 ENSAYOS ELÉCTRICOS:

En el momento que la instalación de los conductores de MT esté finalizada, hay que verificar que, tanto el tendido del conductor como el montaje de los accesorios de empalme, se ha efectuado de manera correcta según las especificaciones del fabricante y los manuales técnicos de la empresa distribuidora. Para la realización de esta verificación se aplicarán, en este caso, los ensayos especificados en el manual técnico 2.33.15 “Red subterránea de AT y BT. Comprobación de cables subterráneos”

5.18 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LÍNEA SUBTERRANEA DE BT: [38]

Se prevé la instalación de dos nuevas “Caja General de Protección (CGP)” tipo 10-250/BUC que cumplirán la función de seccionamiento de la empresa distribuidora y que irán ubicadas en la fachada del edificio. Para tal efecto se tenderá dos ternas de conductores de BT del tipo ZX1 de aluminio y 240mm² de sección que corresponden a las fases, y se añadirá al grupo un conductor unipolar de 150mm² de sección, que hará función de neutro del sistema. Todos los conductores (3F/1N) están diseñados para una tensión de 0,6/1 KV y cuentan con aislamiento de Polietileno reticulado y cubierta de poliolefina (Z1).

5.18.1 CONDUCTORES:

El suministro será proporcionado en BT, siendo las características de los conductores de las líneas de distribución las siguientes:

Clase de corriente _____ Alterna trifásica.
Frecuencia _____ 50 Hz.
Tensión nominal _____ 230/400 V.
Tensión máxima entre fase y tierra _____ 250 V.
Sistema de puesta a tierra _____ Neutro unido directamente a tierra.
Aislamiento de los cables de red _____ 0,6/1 kV.
Intensidad de cortocircuito trifásico _____ 20 kA.

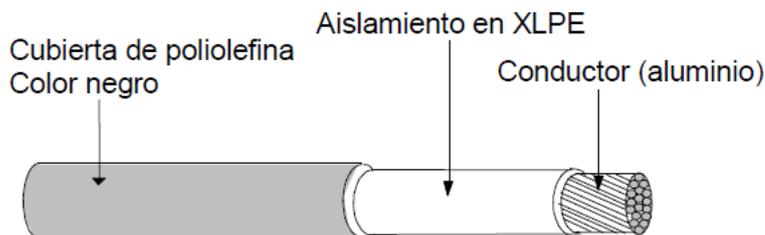
5.18.1.1 TIPO DE CABLE: [39]

Para la construcción de las dos líneas de BT se empleará conductores de aislamiento de dieléctrico seco, tipo XZ1 (S) con las siguientes características:

Conductor _____ Aluminio.
Secciones _____ 150 y 240 mm².
Tensión asignada _____ 0,6/1 kV.
Aislamiento _____ Polietileno reticulado (XLPE).
Cubierta _____ Poliolefina (Z1).
Categoría de resistencia al incendio _____ UNE-EN 60332-1-2 (S) seguridad.

Se utilizará conductores de diferentes secciones para la constitución de las líneas de distribución de BT y, cada una de ellas, estará constituida por un grupo de 4 conductores, 3 de 240mm² de sección que cumplirán la función de fase (R/S/T) y 1 de 150mm² de sección para las funciones de neutro.

Cada conductor estará constituido en función de la siguiente ilustración:



Designación XZ1 (S) 0,6 / 1 kV (*) Al

Ilustración 73: Constitución conductor BT.

Donde:

- **Conductor:** Con sección en forma circular y de varios alambres de aluminio compactado, de clase 2 según UNE-EN 60228 y con una pureza del aluminio no inferior al 99,5%.
- **Aislamiento:** Polietileno reticulado (X)
- **Cubierta exterior:** Poliolefina termoplástica (Z1).
- **Protección contra el fuego:** No propagador de llama, con baja emisión de humo, gases ácidos y corrosivos (S). A su vez, no propagador del incendio, con baja emisión de humo y opacidad reducida (AS).

5.18.2 CAJAS GENERALES DE PROTECCIÓN (CGP): [40]

Las CGP instaladas deberán cumplir, tanto en su construcción como en su instalación, con la normativa de la empresa distribuidora, en este caso i-DE, más en concreto con la NI (Norma i-DE) 76.50.01.

Toda CGP deberá ser de construcción con material aislante, como mínimo, de Clase A, según especifica la norma UNE-EN 60085.

La CGP señalará el principio de la instalación particular y, cuya propiedad y mantenimiento, corresponde únicamente a ella, incluyendo todos los elementos instalados en su interior, excepto el aparato de medida en sí, en caso de estar su contratación en régimen de alquiler.

En el caso que nos ocupa, las CGP se instalarán en acuerdo entre la propiedad del edificio y la empresa distribuidora, y estarán fijadas en la fachada del edificio o en el límite de la propiedad, de tal forma que tenga acceso directo desde vía pública. Se procurará que la situación de esta, esté lo más próximo posible a la red de distribución de BT, quedando protegida mediante distancia de otras instalaciones como pueden ser agua, gas, teléfono, etc.

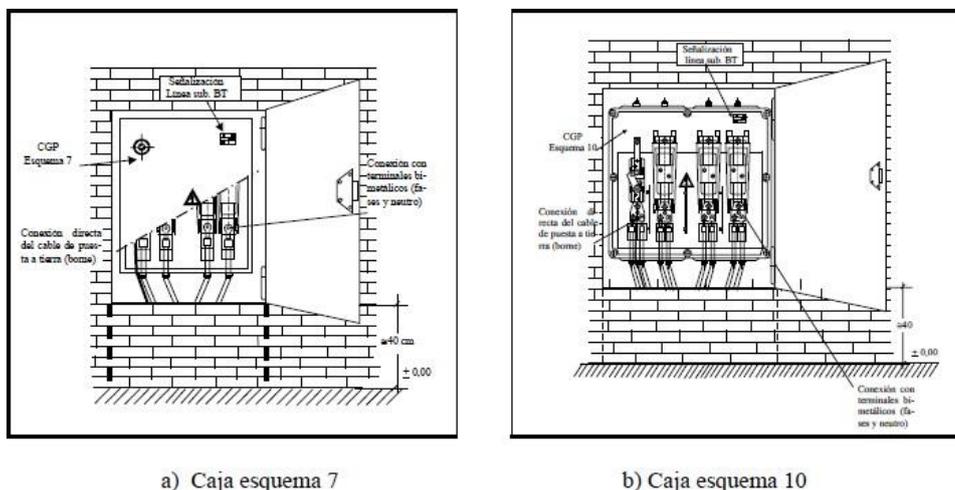


Ilustración 74: CGP esquema 7 y 10.

5.18.3 ACCESORIOS (TERMINALES Y EMPALMES): [41]

Todos los accesorios, ya sean terminales, empalmes o derivadores, serán seleccionados en función de la naturaleza y composición de los conductores donde vayan instalados sin que aumenten la resistencia eléctrica en ningún caso.

Las terminaciones de los conductores tendrán carácter de aislante y serán adecuados a las características ambientales en función de donde vayan instaladas.

Todas las características de los accesorios a instalar, se establecerán en la NI 56.88.01 y se ejecutarán siguiendo el manual técnico correspondiente de la empresa distribuidora o las instrucciones de montaje facilitadas por el fabricante.

El sistema de ejecución de todos los accesorios será por apriete mecánico, diferenciando:

- Terminaciones por apriete mecánico mediante tornillo de cabeza fusible.

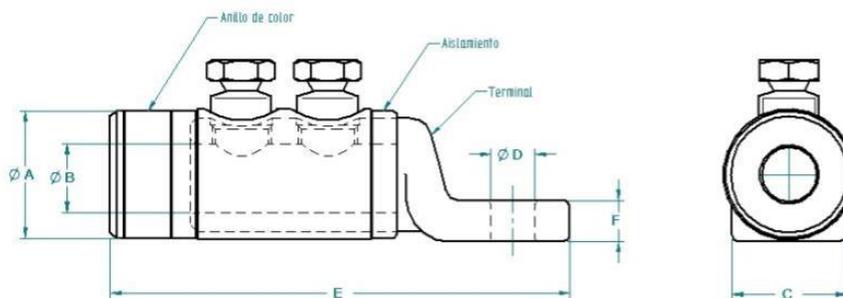


Ilustración 75: Terminal de apriete mecánico.

Se instalarán los terminales CTPT-150/240 M12, con forme a NI 56.88.01. Las dimensiones de este accesorio se especifican en la siguiente tabla:

Designación	Ø A	Ø B	Ø C	Ø D	E	F	Nº Tornillos
	máx.	mín.	máx.	±0,3	máx.	mín.	mín.
CTPT-150/240 M12	38	19,5	33	13	150	9	2

Tabla 11: Características terminales BT.

El significado de las siglas que conforman la designación es el siguiente:

- CTPT: Terminal aislado apriete mecánico.
- 25/50; 50/95; 95/150; 150/240: Sección del conductor en mm².
- M8; M10; M12: Diámetro del orificio de la pala para los pasos de rosca de tornillo indicados.
- **Conectores de empalme por apriete mecánico mediante tornillo de cabeza fusible.**

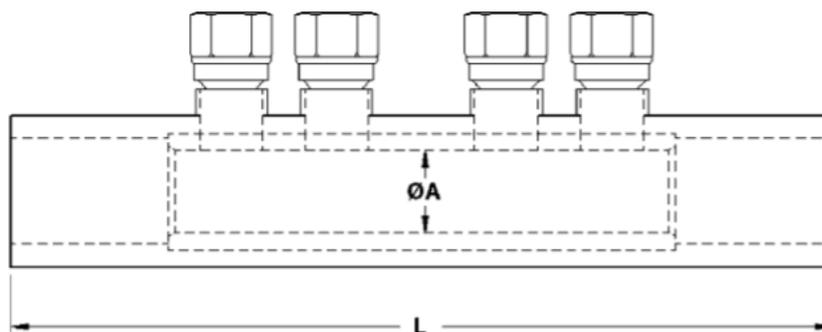


Ilustración 76: Conector empalme BT.

En caso de necesidad, se instalarán los empalmes EPSA-150/240, con forme a la NI 56.88.01. Las dimensiones de este accesorio se especifican en la siguiente tabla:

Designación	L	Ø A	Nº Tornillos
	máx.	mín.	mín.
EPSA-150/240	300	19,5	4

Tabla 12: Características conector de empalme BT

Significado de las siglas que componen la designación:

- EPSA: Conector de empalme aislado subterráneo por apriete mecánico mediante tornillería cabeza fusible.
- 50/95, 95/150, 150/240: Secciones del conductor en mm².

- **Conectores de derivación por apriete mecánico (derivación aislada).**

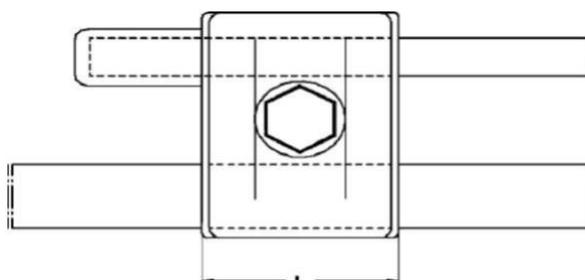


Ilustración 77: Conector de derivación en BT

En caso de necesidad, se instalarán los conectores de derivación DPSA-240, con forme a la NI 56.88.01. Las dimensiones de este accesorio se especifican en la siguiente tabla:

Designación	L max. (mm)	Sección cable Principal (mm ²)	Sección cable Derivado (mm ²)	Nº Tornillos
DPSA-240	200	150 a 240	150 a 240	2

Tabla 13: Características conectores de derivación BT.

Significado de las siglas que componen la designación:

- DPSA: Conector de derivación aislada para red subterránea
- 50; 95; 150; 240: Rango de secciones del conductor

5.18.4 CANALIZACIONES:

Todas las canalizaciones necesarias para la construcción e instalación de las líneas de distribución de BT proyectadas, se ejecutarán con los mismos estándares y características que las aplicadas, para el mismo efecto, en los conductores de la red de distribución de MT, ya sea en paralelismos como en cruzamientos.

5.18.5 PROTECCIONES:

Como protección, contra sobrecargas o cortocircuitos, para los conductores de las líneas de la red de distribución de BT, se instalarán fusibles cuyas características corresponden a la siguiente tabla:

Cable 0,6/1 KV	Fusibles Gg (sobrecargas) $I_f = 1,6I_n < 1,45 I_z$		
	$I_n \leq 0,91 I_z (A)$		
	Directamente soterrados	En tubular soterrada	Al aire protegido del sol
[3x240 (F) + 1x150 (N)] Al	250 A	250 A	250 A

Tabla 14: Características Fusibles BT

Donde:

I_f = corriente convencional de fusión.

I_n = corriente asignada de un cartucho de fusible.

I_z = corriente admisible para conductores cargados s/UNE 20 460-5-523.

La longitud máxima de conductor que esta protegida contra cortocircuitos y sobrecargas para tubulares soterradas será de 185 m, valor recogido en UNE EN 60269-1, longitud considerada desde el CBT del CT. [42]

5.18.6 PUESTA A TIERRA DE NEUTRO (PaTN): [16]

En función al *“reglamento técnico de centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación”*, inscrito en el BOE dentro del Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, todo conductor de neutro de las redes subterráneas de BT, se conectará a tierra en el centro de transformación.

En CGP y cajas de seccionamiento de línea, el neutro, irá conectará a tierra a través de una pica, la cual conectará con el conductor de neutro a través de un conductor aislado de cobre de 50 mm² de sección.

5.18.7 ENSAYOS ELÉCTRICOS:

En el momento que la instalación de los conductores de BT esté finalizada, hay que verificar que, tanto el tendido del conductor como el montaje de los accesorios de empalme, se ha efectuado de manera correcta según las especificaciones del fabricante y los manuales técnicos de la empresa distribuidora. Para la realización de esta verificación se aplicarán, en este caso, los ensayos especificados en el manual técnico 2.33.15 *“Red subterránea de AT y BT. Comprobación de cables subterráneos”*

Capítulo 6. CÁLCULOS ELÉCTRICOS.

6.1 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS ELÉCTRICOS DE LA LINEA SUBTERRÁNEA DE MT.

Las características técnicas de los cables de MT serán expuestas en las siguientes tablas:

Tipo aislamiento	Condiciones	
	Servicio permanente θ_s	Cortocircuito $t \leq 0,5s \theta_{cc}$
Etileno Propileno (HEP RZ-1 12/20 KV)	105 °C	> 250 °C
Polietileno reticulado (XLPE)	90 °C	>250 °C

Tabla 15: T° máx. asignada al conductor.

Sección (mm ²)	Tipo de Aislamiento	
	XLPE	HEPR
150	245 A	255 A
240	320 A	345 A
400	415 A	450 A

Tabla 16: Intensidades máx. admisibles cables MT

Tipo de Aislamiento	$\Delta\theta^*$ (K)	Duración del cortocircuito t en s									
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
XLPE	160	298	211	172	133	122	94	77	66	59	54
HEPR	145	281	199	162	126	115	89	73	63	56	51

Tabla 17: Intensidades máx. de cc de conductores de aluminio MT

$\Delta\theta^*$ = es la diferencia entre la temperatura de servicio permanente y la temperatura de cortocircuito (Incremento de temperatura 160θ en °C)

Las tablas de intensidades máximas admisibles estarán preparadas en función de las condiciones siguientes:

- Si los cables son unipolares irán dispuestos en haz.
- Enterrados a una profundidad de 1m en terrenos de resistencia térmica media.
- Temperatura en el conductor 70 °C, 80 °C ó 90 °C, según aislamiento y tensión.
- Temperatura del terreno 25 °C.

Intensidad máxima

La intensidad máxima admisible se determinará mediante la fórmula:

$$I = I_{max} \cdot F_c$$

Donde:

I_{max} = Intensidad máxima admisible por el cable bajo tubo = 345 A.

F_c = Factor de corrección en las condiciones previstas

- Factor por temperatura del terreno _____ 1,00
- Factor por resistividad térmica del terreno _____ 1,00
- Factor por profundidad de los cables _____ 1,00
- Factor por distancia de ternas _____ 0,80

$$I = 345 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 0,80 = 276A$$

Potencia máxima a transportar

La potencia máxima a transportar se determinará con la fórmula siguiente:

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

Donde:

U = Tensión nominal de la línea = 15 kV

I = Intensidad máxima admisible por la línea = 276 A.

$\cos \varphi$ = Factor de potencia = 0,9

$$P = \sqrt{3} \cdot 15 \cdot 276 \cdot 0,9 = 6453,62 \text{ KW}$$

Caída de tensión

La determinación de la caída de tensión se realizará mediante la fórmula:

$$\Delta u = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$$

Donde:

Δu = Caída de tensión (V)

I = Intensidad máxima admisible por la línea (A)

L = Longitud de la línea en km.

R = Resistencia del conductor en Ω/km a la temperatura de servicio

X = Reactancia a frecuencia 50 Hz en Ω/km .

$\cos \varphi$ = Factor de potencia; en ambos apartados, a) y b), se considerará un factor de potencia para el cálculo de $\cos \varphi = 0,9$

$$\Delta u = \sqrt{3} \cdot 273 \cdot 0,083 \cdot (0,169 \cdot \cos \varphi + 0,105 \cdot \sin \varphi) = 7,85V$$

$$\Delta u (\%) = 0,05\%$$

Intensidad de la corriente de cortocircuito

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito será necesario conocer la potencia de cortocircuito P_{cc} existente en el punto de la red donde ha de alimentar el cable subterráneo para obtener a su vez la intensidad de cortocircuito que será igual a:

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

Según los datos proporcionados por I-DE Redes Eléctricas Inteligentes, S.A.U. la $I_{cc} = 12,5 \text{ kA}$

Sección mínima:

$$D_{max} = \frac{I_{cc}}{S_{mín}}$$

Siendo:

I_{cc} = Intensidad del cortocircuito en Amperios.

$S_{mín}$ = Sección mínima en mm^2

D_{max} = Densidad máxima para $t_{cc} = 0,5 \text{ s}$

$$D_{max} = \frac{I_{cc}}{S_{mín}} = \frac{12510}{126} = 99 \text{ mm}^2$$

Sección mínima para la intensidad de cortocircuito

Las densidades máximas de cortocircuito para el cable HEPRZ1 se corresponden con el resultado de aplicar la fórmula siguiente:

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

Resultando los valores indicados en la siguiente tabla:

Tipo de Aislamiento	$\Delta\theta^*$ (K)	Duración del cortocircuito t_{cc} en s									
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
XLPE	160	298	211	172	133	122	94	77	66	59	54
HEPR	145	281	199	162	126	115	89	73	63	56	51

$\Delta\theta^*$ = es la diferencia entre la temperatura de servicio permanente y la temperatura de cortocircuito (Incremento de temperatura 160θ en $^{\circ}C$)

De la anterior tabla, obtenemos un resultado para una densidad máxima de $126 \frac{A}{mm^2}$ para una $I_{cc} = 0,5s$ y un incremento de temperatura de $250^{\circ}C - 105^{\circ}C = 145^{\circ}C$, dando como resultado final en el caso que nos ocupa:

$$D_{max} = \frac{I_{cc}}{S_{min}} \gg S_{min} = \frac{I_{cc}}{D_{max}} = \frac{12510}{126} = 99mm^2$$

Se observa que la densidad de cálculo es considerablemente menor que la sección instalada $99mm^2 \gg \gg 240mm^2$

Resumen de las características de los conductores en función a los cálculos justificativos

Las características principales de los conductores de MT proyectados son:

Clase de corriente _____ Alterna Trifásica
 Frecuencia _____ 50 Hz
 Tensión nominal de servicio _____ 15KV
 Tensión más Elevada _____ 24KV
 Factor de potencia _____ 0,9

Se mantendrá constante la sección de los conductores y se calculará la misma en función de su intensidad máxima admisible.

<i>Conductor:</i>	Aluminio compacto, sección circular, clase 2 UNE-EN-60228
<i>Pantalla sobre el conductor:</i>	Capa de mezcla semiconductor aplicada por extrusión
<i>Aislamiento:</i>	Mezcla a base de etileno propileno de alto módulo (HEPR).
<i>Pantalla sobre el aislamiento:</i>	Una capa de mezcla semiconductor pelable no metálica aplicada por extrusión, asociada a una corona de alambres y contraespira de cobre.
<i>Cubierta:</i>	Compuesto termoplástico a base de poliolefina y sin contenido de componentes clorados u otros contaminantes. La cubierta es DMZ1.

Las características principales de los conductores, una vez desarrollados los cálculos teóricos, son las siguientes:

Naturaleza:	Aluminio
Denominación:	HEPRZ1
Sección:	240 mm ²
Resistencia:	0,169 ohm/Km
Reactancia:	0,105 ohm/Km
Intensidad máxima:	276 A
Caída de tensión:	0,05%
Intensidad máx. de cortocircuito:	31,27 kA
Intensidad de cortocircuito red proyectada:	12,51 kA
Tensión de ensayo a frec. Industrial:	50 KV
Tensión de cresta por impulso:	125 KV

6.2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS. LINEA SUBTERRÁNEA DE BT.

El objetivo del tendido de los nuevos conductores de BT será la alimentación de las CGP instaladas en el edificio donde estará ubicado el nuevo CT, por lo que la potencia a suministrar será 207,400 KW, como se ha especificado en esta memoria.

La distribución, en potencia, para las 2 CGP será la siguiente:

- $P_{CGP1} = (17 \cdot 9,2) + 15,00 + 36,00 = 106,200KW$
- $P_{CGP2} = 10 \cdot 9,2 = 101,200KW$

Donde:

- 17 corresponde al número de viviendas del edificio.
- 9,2 corresponde a la potencia máxima admisible para cada vivienda.
- 15,00 corresponde a la potencia prevista para las zonas comunes (escalera/ascensor)
- 36,00 corresponde a la potencia prevista para los dos locales comerciales (18 KW proyectados para cada local)

La intensidad se calculará aplicando la siguiente fórmula:

$$I_d = \frac{W}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

Caída de tensión:

Para determinar la sección del conductor en función a la caída de tensión que se pudiera producir, aplicaremos la siguiente fórmula:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot [(R \cdot \cos \varphi) + (X \cdot \sin \varphi)]$$

La caída de tensión, por lo tanto, producida en la línea, puesta en función del momento eléctrico $W \cdot L$ y teniendo en cuenta las fórmulas anteriores:

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot [R \cdot (X \cdot \tan \varphi)]$$

Intensidad máxima:

La intensidad máxima admisible para los conductores de BT se calculará mediante la fórmula:

$$I = I_{max} \cdot F_c$$

Donde:

- I_{max} = Intensidad máxima admisible por el conductor bajo tubo = 336^a.
- F_c = Factor de corrección en las condiciones previstas
 - Factor por temperatura del terreno _____ 1,00
 - Factor por resistividad térmica del terreno _____ 1,00
 - Factor por profundidad de los cables _____ 1,00
 - Factor por distancia de ternas _____ 0,87

Potencia máxima a transportar:

Esta potencia será determinada por la siguiente fórmula:

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

Donde:

- U = Tensión nominal de la línea = 400V
- I = Intensidad máxima admisible por la línea = 336 A
- $\cos \varphi$ = Factor de potencia = 0,9

$$P = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 336 \cdot 0.9 = 182,27W$$

Intensidad de la corriente de cortocircuito:

La intensidad asignada del transformador en el circuito de BT viene dada por:

$$I_n = \frac{S \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Donde:

- I_n = intensidad nominal en A.
- S = potencia del transformador en kVA. (400 kVA)
- U = tensión compuesta en V.

$$I_n = \frac{400 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 577.35 \text{ A}$$

Para determinar la intensidad de cortocircuito (I_{cc}), es necesario conocer la potencia de cortocircuito P_{cc} en el punto de alimentación, por parte de la red de distribución, al conductor de BT para obtener, a su vez, la I_{cc} , lo cual se hará mediante la fórmula:

$$I_{cc} = \frac{100 \cdot I_n}{U_{cc}}$$

Donde:

- I_{cc} = intensidad de cortocircuito (A).
- I_n = intensidad nominal (A).
- U_{cc} = tensión de cortocircuito = 4%.

$$I_{cc} = 0,01472 \text{ A}$$

Sección mínima:

$$D_{max} = \frac{I_{cc}}{S_{min}}$$

Donde:

- I_{cc} = Intensidad del cortocircuito en Amperios.
- S_{min} = Sección mínima en mm²
- D_{max} = Densidad máxima para $t_{cc} = 0,5$ s

$$S_{min} = \frac{I_{cc}}{D_{max}} = \frac{14424}{126} = 99,21\text{mm}^2$$

Se observa que el resultando tiene un valor de cálculo de 99,21 mm², notablemente inferior a la sección mínima instalada (240mm²)

Resumen de las características de los conductores en base a los cálculos justificativos:

Mediante la aplicación de las consideraciones anteriores, se obtienen los siguientes resultados:

N.º de línea	Potencia demandada	Corriente Diseño (I _d)	Caída de Tensión	Longitud	I _n (calibre)	I _f (I fusión)	I _z (I admitida conductor)
CT NUEVO							
1	106,200	170,32	0,33 %	31	250	400	336
2	101,200	162,30	0,31 %	31	250	400	336

Tabla 18: Resumen cálculos justificativos BT.

6.3 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS ELÉCTRICOS DEL CT:

Todos los sistemas de PaT que se especifican en este proyecto deben cumplir los siguientes requisitos:

- Resistencia ante esfuerzos mecánicos y corrosión.
- Resistencia térmica a la máxima corriente de falta determinada en los cálculos.
- Garantizar la seguridad e integridad de las personas con respecto a las tensiones que puedan aparecer durante una falta a tierra en los sistemas de PaT.
- Garantizar la fiabilidad del CT protegiendo contra daños a las propiedades y equipos del mismo.

Los puntos anteriormente descritos, se van a conseguir mediante la PaT del neutro de red, sistema de PaT de protección y sistema de PaT de servicio.

6.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA RED.

- Tensión de servicio: 15 KV.
- Intensidad de defecto: 500 A.
- Tiempo máximo de desconexión: 0,2s.
- Vbt: 10000 V. (valor recomendado por UNESA).

6.3.2 CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO.

- Resistividad de terreno: 200 $\Omega \cdot m$.
- Resistividad del hormigón: 3000 $\Omega \cdot m$.

6.3.3 PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN.

La línea de tierra perteneciente al sistema de puesta a tierra de Protección deberá conectar los siguientes elementos:

- Cuba del transformador/res.
- Envolvente metálica del cuadro B.T.
- Envoltentes de las celdas de alta tensión (en dos puntos).
- Pantallas del cable (extremos de líneas de llegada y líneas de salida de celdas y ambos extremos de línea de conexión al transformador).

- Cualquier armario metálico instalado en el centro de transformación.

La resistencia de puesta a tierra de protección viene dada por la expresión:

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

Donde:

- I_d = Intensidad de falta a tierra (A).
- R_t = Resistencia total de puesta a tierra (Ω).
- V_{bt} = Tensión de aislamiento en Baja Tensión (V).

6.3.3.1 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.

- Parámetros:
 - $K_r = 0,072 \Omega/(\Omega \cdot m)$.
 - $K_p = 0,0154 V/(\Omega \cdot m \cdot A)$.

Para el cálculo del sistema de PaT de protección se aplicará el método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para CT de 3ª categoría de UNESA código 60-40/5/82.

La siguiente expresión tendrá como resultado la resistencia total de PaT:

$$R_t = K_r \cdot \rho$$

Donde:

- ρ = resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$).
- K_r = coeficiente del electrodo.

Con un valor de resistividad del terreno de $200 \Omega \cdot m$ y un valor de coeficiente de $0,072 \Omega/(\Omega \cdot m)$, la resistencia total de puesta a tierra será:

$$R_t = 14,4 \Omega.$$

Para el cálculo de la *intensidad de falta o defecto* a tierra se utilizará la siguiente fórmula:

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

Donde:

- U_s = Tensión de servicio (V).
- R_n y X_n = Valores de la impedancia de puesta a tierra del neutro (Ω).
- R_t = Resistencia total de puesta a tierra (Ω).

Con una tensión de servicio de 15KV. y unos valores de impedancia de puesta a tierra de $R_n = 0 \Omega$ y $X_n = 25,4 \Omega$ se obtendrá la siguiente intensidad de defecto:

$$I_d = 296,60 \text{ A.}$$

El cálculo de la *tensión de defecto* viene dado por la expresión:

$$U_d = I_d \cdot R_t$$

Donde:

- I_d = Intensidad de defecto (A).
- R_t = Resistencia total de puesta a tierra (Ω).

Con una intensidad de defecto de 296,6 A. y una resistencia total de 14,4 Ω la tensión de defecto será la siguiente:

$$U_d = 4271,04 \text{ V.}$$

Como podemos ver se cumple la siguiente condición:

$$I_d \cdot R_t \leq V_{bt}$$
$$296,60 \cdot 14,4 \leq 10000$$

El valor de $V_{bt} = 10000\text{v}$ (tensión de aislamiento de BT) es el recomendado por UNESA

6.3.4 PUESTA A TIERRA DE SERVICIO (NEUTRO).

6.3.4.1 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.

- Parametros:
 - $K_r = 0,135 \Omega/(\Omega \cdot m)$.
 - $K_p = 0,0252 V/(\Omega \cdot m \cdot A)$.

Para el cálculo del sistema de PaT de servicio se aplicará el método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para CT de 3ª categoría de UNESA código 5/32.

El valor total de la resistencia de puesta a tierra se obtiene de la expresión:

$$R_t = K_r \cdot \rho$$

Donde:

- ρ = resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$).
- K_r = coeficiente del electrodo $\Omega/(\Omega \cdot m)$.

Con valores de resistividad del terreno de $200 \Omega \cdot m$ y un coeficiente de $0,135 \Omega/(\Omega \cdot m)$. la resistencia total de puesta a tierra será:

$$R_t = 27 \Omega.$$

Cumpliendo es esta manera la condición que nos dictamina que la resistencia de puesta a tierra deberá ser inferior a 37Ω .

6.3.5 CÁLCULO DE TENSIONES EN EL EXTERIOR DEL CT.

La tensión de paso en el exterior del CT es calculada mediante la expresión:

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

Donde:

- ρ = resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$).
- K_p = coeficiente del electrodo $\Omega / (\Omega \cdot m)$.
- I_d = Intensidad de defecto (A).

Con valores de resistividad del terreno de $200 \Omega \cdot m$, un coeficiente de $0,0154 V / (\Omega \cdot m \cdot A)$. además de un valor de intensidad de defecto de $296,6 A$., la tensión de paso en el exterior del ct será:

$$U_p = 913,528 V$$

6.3.6 CÁLCULO DE TENSIONES EN EL INTERIOR DEL CT.

Para el cálculo de la tensión de paso de acceso se utilizará una expresión equivalente a utilizada para el cálculo de la tensión de defecto, y es:

$$U_{p \text{ acceso}} = U_d = R_t \cdot I_d$$

Donde:

- I_d = Intensidad de defecto (A).
- R_t = Resistencia total de puesta a tierra (Ω).

Con un valor de la resistencia de puesta a tierra de $14,4 \Omega$ y un valor de intensidad de defecto de $296,6 A$ se obtiene un resultado de:

$$U_{p \text{ acceso}} = 4271,04 V.$$

6.3.7 CÁLCULO DE TENSIONES APLICADAS.

Para una intensidad de falta de 0,2s, la tensión máxima de contacto aplicada admisible, con forme a los datos proporcionados por la empresa distribuidora y en acuerdo la ITC-RAT 13 de instalaciones de puesta a tierra será:

Duración de la corriente de falta (s)	Tensión de contacto aplicada admisible U_{ca} (V)
0,2	528

Tabla 19: Tensión de contacto aplicada

6.3.8 TENSION DE PASO EN EL EXTERIOR DEL CT.

Se obtendrá un valor de la tensión de paso en el exterior del CT mediante la expresión:

$$U_{p \text{ exterior}} = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot Ra1 + 6\rho}{1000} \right)$$

Donde:

- $Ra1$ = resistencia del calzado ($\Omega \cdot m$).
- ρ = resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$).
- U_{ca} = Tensión de contacto (v).

Con valores de $Ra1=2000 \Omega \cdot m$, $\rho = 200 \Omega \cdot m$ y $U_{ca}= 528v$ la tensión de paso en el exterior del CT será:

$$U_{p \text{ exterior}} = 32736 V.$$

6.3.9 TENSIÓN DE PASO EN EL ACCESO AL CT.

La tensión de paso en el acceso al CT viene dado por la expresión:

$$U_{p \text{ acceso}} = 10 U_{ca} \left(1 + \frac{2Ra1 + 3\rho + 3\rho h}{1000} \right)$$

Donde:

- $Ra1$ = resistencia del calzado ($\Omega \cdot m$).
- ρ = resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$).
- ρh = resistividad hormigón ($\Omega \cdot m$).
- U_{ca} = Tensión de contacto (v).

La tensión de paso en el acceso al CT aplicando los valores de $Ra1= 2000 \Omega \cdot m$, $\rho=200 \Omega \cdot m$ y $\rho h =3000 \Omega \cdot m$. será:

$$U_{p \text{ acceso}} = 71808 V.$$

6.3.10 TENSIONES TRANSFERIBLES AL EXTERIOR.

Está proyectado la instalación del sistema de PaT en esquema TT, es decir, la tierra de herrajes y la tierra de neutro, están separadas entre sí a través de una caja de unión de tierras, de tal manera que se consigue una separación efectiva del electrodo de protección y el electrodo de servicio.

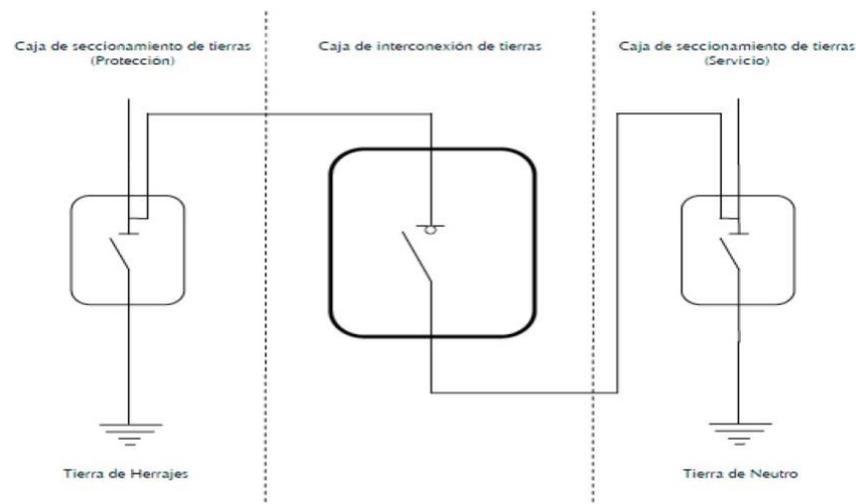


Ilustración 78: Esquema unifilar separación de unión de tierras.

La manera de garantizar que, la distancia de separación entre el sistema de Pat de protección y el sistema de PaT de servicio, sea la adecuada y que no se pueda alcanzar tensiones que pudieran causar un efecto perjudicial a los usuarios, en el caso de disiparse una falta a tierra por el sistema de PaT de protección, es mediante el cálculo de esta distancia, la cual se verá afectada por la resistividad del terreno y la intensidad de falta. La siguiente expresión será la utilizada para tal efecto:

$$D_{mín} = \frac{\rho \cdot Id}{2000 \cdot \pi}$$

Donde:

- ρ = resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$).
- Id = Intensidad de defecto (A).

Aplicando valores de $\rho=200 \Omega \cdot m$ y $Id = 296,6$ A, el valor de dicha distancia será:

$$D_{mín} = 9,44 \text{ m.}$$

Capítulo 7. PRESUPUESTO.

Cantidad	Descripción	Materiales por Unidad	Mano de obra por Unidad	Total Materiales	Total Mano de Obra
TERMINALES DE INTERIOR AT					
6 ud	Confección de terminales de interior para conexión de cables de 240 mm2 en Celda de Línea	21,00 €	50,00 €	126,00 €	300,00 €
ACONDICIONAMIENTO INTERIOR DE LOCAL PARA CT					
1 ud	Partida alzada trabajos de albañilería cerrajería metálica, pintado y resto de trabajos para acondicionamiento del local para albergar el Centro de Transformación. Instalación de Alumbrado, Red de tierras, Carteles de Seguridad.	850,00 €		850,00 €	
TOMAS DE TIERRA DE PROTECCIÓN Y SERVICIO.					
1 ud	Tomas de tierra para Centro de Transformación	157,10 €	272,84 €	157,10 €	272,84 €
INTERCONEXIÓN MT CONO/CONO.					
1 ud	Interconexión MT (longitud máxima por fase 9 m)	27,00 €	75,00 €	27,00 €	75,00 €
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO I-TRAFO TC-400/24/20 B2-K-PE					
1 ud	Transformador trifásico de distribución OLTC, 50 Hz para instalación en interior, hermético de llenado integral, incluye cajón de control y TPL. 400 KVA 15-20 kV. Marca ORMAZABAL.	32.878,00 €		32.878,00 €	400,00 €
CUADRO DE BT					
1 ud	Cuadro de baja tensión tipo CBTA con envolvente de doble aislamiento de dimensiones aproximadas 1080x540x300 mm con interruptor manual de corte en carga.	1.319,00 €		1.319,00 €	
CONJUNTO DE CELDAS DE MT					
1 ud	Celda compacta 2 funciones de línea, celda de Remonte y Celda de Medida CGMCOSMOS, corte y aislamiento integral en sf6 . Conteniendo: 2L-interruptor-seccionador de tres posiciones con mando manual. Vn= 24kV, In=400A, Icc=16kA. Marca ORMAZABAL.	1.834,00 €		1.834,00 €	
CANALIZACIÓN ENTUBADA EN ACERA					
34,7 m	Canalización entubada con dos tubos de 160 mm2 de diámetro.		17,00 €		589,90 €
CANALIZACIÓN ENTUBADA EN CALZADA					
14,4 m	Canalización entubada con dos tubos de 160 mm2 de diámetro.		34,00 €		489,60 €
ROTURA Y REPOSICIÓN DE ACERA BALDOSA.					
13,88 m2	Rotura y reposición de pavimento en acera con baldosa	13,00 €	16,00 €	180,44 €	222,08 €
ROTURA Y REPOSICIÓN DE ASFALTO EN CALZADA					
5,76 m2	Rotura y reposición de pavimento en calzada con asfalto caliente	26,00 €	14,00 €	149,76 €	80,64 €
TENDIDO DE LÍNEA MT.					
83 ud	Tendido de cable HEPRZ1 12/20KV 3(1x240)por canalización	17,00 €	4,50 €	1.411,00 €	373,50 €
CALICATA EN ACERA					
2 ud	Calicata en Acera de dimensiones de 3mts x1mts x1mts, incluso demolición de firme en acera con retirada total de tierras y tapado con losa similar s/normas Cía. Suministradora		220,00 €		660,00 €

62 ud	TENDIDO DE LÍNEA POR CANALIZACIÓN O BANDEJA Tendido de línea 3x240 mm ² + 1x150 mm ² por tubo de 160 mm de diámetro.	7,31 €			453,22 €
2 ud	EMBORNADO CGP Conexión de línea a CGPS NUEVAS, mediante juego de terminales preaislados, con puesta a tierra.	36,00 €	21,00 €	72,00 €	42,00 €
2 ud	SEÑALIZACIÓN CGP/CBT Señalización de CGP/CBT, según normas de la Cía. Suministradora	3,50 €	5,00 €	7,00 €	10,00 €
2 ud	TOMAS DE TIERRAS Suministro y realización de toma de tierra, en módulo de seccionamiento y medida, con p.p. de conductor DN-RA 0.6/1Kv, sección 1x50mm, pica cobrizada de 2m y 14,6mm, según Norma de Iberdrola.	70,00 €	20,00 €	140,00 €	40,00 €
6 ud	ARQUETA REALIZADA DE OBRA IN SITU Arqueta de obra civil incluyendo material, marco y tapa normalizada Iberdrola		176,00 €		1.056,00 €
1 ud	ARMARIO COMUNICACIONES ACOM-I-GPRS	522,14 €		522,14 €	
1 ud	ARMARIO TELEGESTIÓN ATG-I-1BT-MT-PLC	1.525,39 €		1.525,39 €	
1 ud	ACOPLO PLC CAPACITIVO TERMINAL 24 KV STAR	181,27 €		181,27 €	
2 ud	TENDIDO CABLES INTERIOR POR METRO		31,20 €		62,40 €
1 ud	3XTI ABRIBLE + VS 95-240	127,42 €	20,75 €	127,42 €	20,75 €
11 ud	TUBO ARMARIOS ANT. INT./EXT.; INST. ANT. INT.		18,20 €		200,20 €
2 ud	INST. ARMARIO COMPLEMENTARIO		20,75 €		41,50 €
1 ud	MONTAJE ARMARIO INTERIOR		124,50 €		124,50 €
1 ud	INSTALACIÓN E INTERCONEXIÓN TIERRAS		29,87 €		29,87 €
2 ud	TENDIDO CABLE NEUTRO/TIERRAS		6,92 €		13,84 €
1 ud	ANTENA 2G/3G EXTERIOR OMNI	49,56 €		49,56 €	
2 ud	TENDIDO PLC_ADSL_ETHERNET_ALIM. BT		10,87 €		21,74 €

TOTAL MATERIALES: 41.557,08 €

TOTAL MO: 5.579,58 €

TOTAL RELACIONES VALORADAS: 47.136,66 €

21% IVA: 9.898,70 €

TOTAL PRESUPUESTO: 57.035,36 €

ASCIENDE EL PRESENTE PRESUPUESTO A LA CANTIDAD DE:
CINCUENTA Y SIETE MIL TREINTA Y CINCO EUROS CON TREINTA Y SEIS CENTIMOS

Capítulo 8. PLIEGO DE CONDICIONES:

CONDICIONES GENERALES:

El presente proyecto de estudio, desarrollo y construcción de un CT con sistema de comunicación inteligente y transformador con regulación en carga OLTC, queda correctamente definido a través de la memoria, cálculos justificativos, presupuesto y planos.

Se ha utilizado, todas las especificaciones contenidas en los Reglamentos siguientes:

- 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 en alta tensión y sus instalaciones técnicas complementarias. [16]
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus instrucciones técnicas complementarias RD 223/2008. [18]
- Real Decreto 1955/2000 por el que se regulan las actividades de transporte, distribución y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. [20]
- Reglamento de Baja Tensión, Real Decreto 842/2.002 de 2 de agosto, B.O.E. N.º 224, 18 de septiembre de 2.002. [21]
- Normas UNE y recomendaciones UNESA que sean de aplicación. [30]
- Código Técnico de la Edificación, especialmente su DB SI y su DB HR.
- Normas de la Compañía Suministradora, Proyecto Tipo de i-DE, se ajustarán a todo lo indicado en el Capítulo IV "Ejecución de las Instalaciones", del MT 2.03.20 "Especificaciones Particulares para las Instalaciones de Alta Tensión (hasta 30 kV) y Baja Tensión". [43]
- Disposiciones oficiales. A los efectos de Autorizaciones Administrativas de Declaración en Concreto de Utilidad Pública y ocupaciones de terreno e imposición de servidumbres, se aplicará lo previsto en el Capítulo V del Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre de 2000, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica, o en su defecto la reglamentación Autonómica que le fuese de aplicación.

- Además de las normas I-DE Redes Eléctricas Inteligentes, S.A.U. que existan y documentos de Armonización HD, se tendrán en cuenta las Ordenanzas Municipales y los condicionados impuestos por los Organismos públicos afectados.

ESPECIFICACIONES DE MATERIALES Y EQUIPOS.

Para atender el suministro eléctrico de 207,400 KW demandado y dar cumplimiento al RD 1110/2007 de 24 de agosto y la Orden ITC 3860/2007 de 28 de diciembre, se proyecta la construcción de un centro de transformación tipo lonja en local de uso común con nomenclatura “Edificio de otros Usos”, preparado para instalar un transformador de regulación en carga OLTC de una potencia de 400KVA pero apto para albergar un transformador de potencia máxima de 630KVA, un conjunto de celdas de media tensión y un cuadro de protección de baja tensión con 4 salidas.

Las celdas de MT serán de tipo envolvente metálica no extensibles con una configuración de 2L/1P (2 celdas de línea y una celda de protección del transformador).

La conexión del CT con la red de distribución subterránea de MT, se realizará mediante dos líneas de MT que empalman con la línea general de MT con conductor HEPRZ-1 12/20KV 3(1X240) mm² Al +H16.

La distribución de la energía en la red de BT se hará mediante 2 líneas subterráneas con conductor XZ1 0,6/1 kv 3(1x240) mm² + 1x150 mm² desde el CBT del CT hasta las CGPs que se instalarán en fachada del edificio.

La canalización entubada, será la seleccionada para la instalación tanto de las líneas de MT como las de BT, discurriendo los conductores por el interior de ellas.

Respecto a los materiales y equipos principales, se recomienda hacer referencia a las NI incorporadas en las Especificaciones Particulares de i-DE.

Material NI	NI
Envolvente de hormigón	50.40.04
Celdas	50.42.11
Transformador	72.30.00
Cuadro de BT	50.44.03
Fusibles AT	75.06.31
Cable HEPRZ1 AT	56.43.01
Terminales cables AT	56.80.02
Cable XZ1 BT	56.37.01
Terminaciones cables BT	56.88.01

Tabla 20: NI utilizadas

La solución por la que se opta, para dar resolución al problema de las comunicaciones necesarias para la telegestión, es la instalación de los siguientes equipos dentro del CT:

- **ARMARIO TELEGESTIÓN ATG-I-1BT-MT-PLC:** En el cual se encontrará el concentrador, que ejecutará peticiones de lecturas de los contadores inteligentes, el switch interconectando todos los diferentes equipos entre ellos, el API el cual se encarga de recibir la información a través de los cables de MT aguas abajo del y el cargador/rectificador que proporcionará alimentación auxiliar a los equipos en caso de fallar la alimentación principal.
- **ARMARIO COMUNICACIONES ACOM-I-GPRS:** Cuya función es la de enviar la información obtenida a la red mediante router GPRS instalado en el interior del CT.

ESPECIFICACIONES DE EJECUCIÓN.

Las obras se ejecutarán conforme al proyecto a las condiciones contenidas en este pliego de condiciones.

Capítulo 9. CONCLUSIONES:

En este proyecto se ha descrito todos los elementos, aparatos, topología y características, necesarias para hacer llegar el suministro eléctrico, desde las centrales a el usuario final, actualizando de esta manera, una red de distribución eléctrica que comenzaba a estar obsoleta, a las nuevas tecnologías de comunicación.

Se va a crear, por ende, una Smart grid o red inteligente, donde van a convivir señales analógicas, como pueden ser voltajes e intensidades, con señales digitales que transportan datos e información que será utilizada para optimizar dicha red.

Esta optimización se va a traducir en un aumento de la calidad del suministro eléctrico, que permitirá a los clientes una gestión mucho más eficiente de los consumos, que trae asociado reducciones de las emisiones de CO₂ y, por supuesto, una reducción en el coste de las facturas.

Las empresas distribuidoras de energía eléctrica de todo el mundo, se verán beneficiadas, al igual que el usuario final, ya que podrán ofrecer unos servicios mejorados acordes a las tecnologías más punteras, podrán acortar significativamente los tiempos de interrupción por avería, incluso localizar, de una manera más eficaz y exacta, los fraudes del suministro eléctrico. En definitiva, toda esta inversión, por parte de las empresas distribuidoras, se va a ver repercutida directamente sobre los beneficios económicos de las mismas.

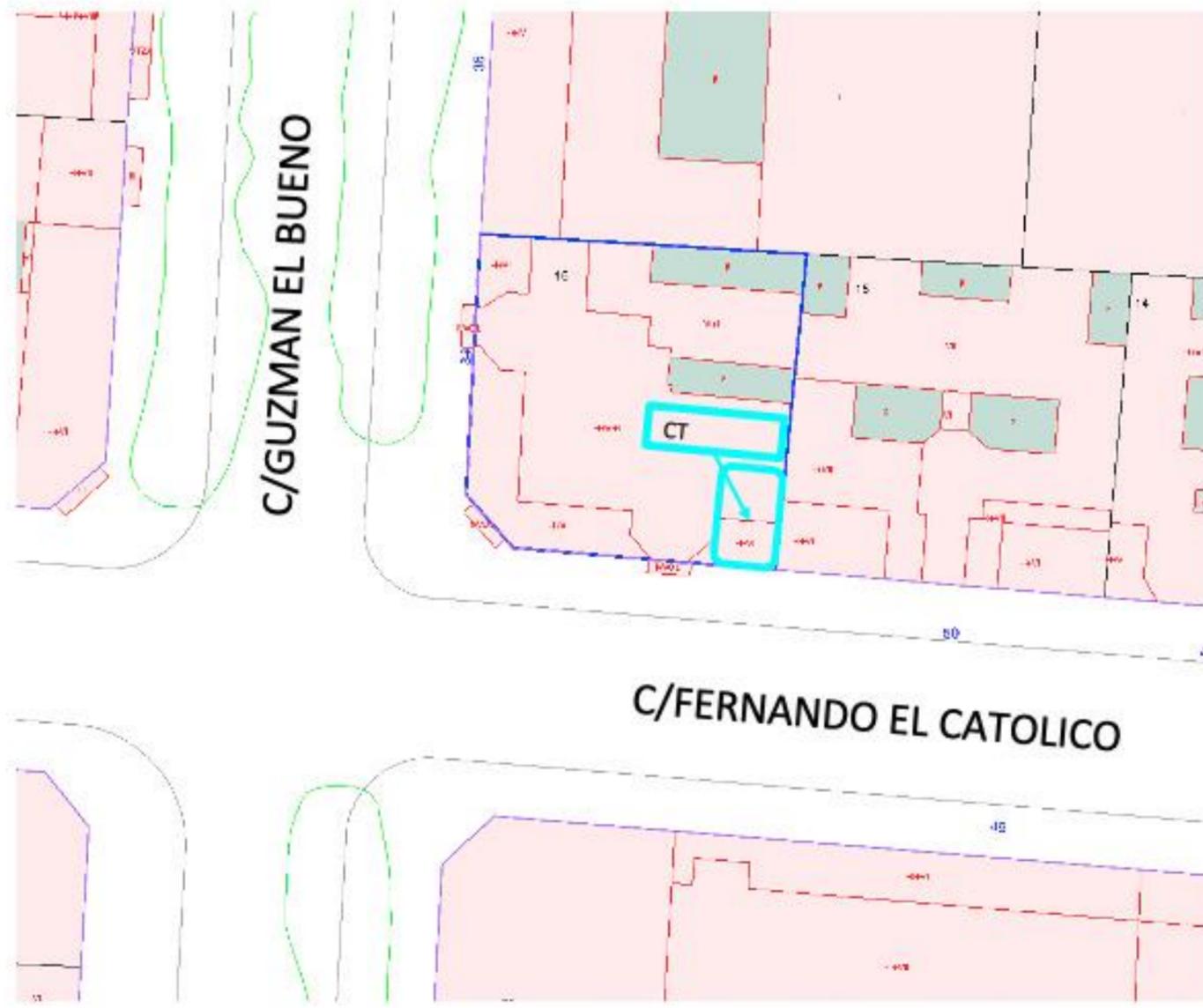
Capítulo 10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] «BOE 3860/2007,» [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/o/2007/12/28/itc3860>.
- [2] «BOE 1110/2007,» [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2007/08/24/1110>.
- [3] «Wikipedia 1,» [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_distribuci%C3%B3n_de_energ%C3%ADa_el%C3%A9ctrica.
- [4] I-DE, «Formación y desarrollo I-DE Generalidades CTs».
- [5] I-DE, «Formación y desarrollo I-DE Cuaderno tecnología CTs».
- [6] I-DE, «Formación y desarrollo I-DE Celdas CTs».
- [7] I-DE, «Formación y desarrollo I-DE Transformadores».
- [8] I-DE, «Formación y desarrollo I-DE Operación y mantenimiento en CTs».
- [9] «Ormazabal Velatía Celdas,» [En línea]. Available: <https://www.ormazabal.com/celdas-de-distribucion-primaria/>.
- [10] «wikipedia SF6,» [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Hexafluoruro_de_azufre.
- [11] «i-DE,» [En línea]. Available: <https://www.i-de.es/>.
- [12] «Comunicación PRIME,» [En línea]. Available: <https://www.teldat.com/es/blog/prime-tecnologia-para-las-redes-electricas-inteligentes/#:~:text=PRIME%20es%20la%20tecnolog%C3%ADa%20para,o%20negocios%20en%20tiempo%20real..>
- [13] «Comunicación PLC,» [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Power_Line_Communications.
- [14] I-DE, «Formación y desarrollo mantenimiento primer nivel equipos STAR».
- [15] ARTECHE. [En línea]. Available: <https://www.artech.com/es/controladores-de-automatizacion-de-la-distribucion-subteranea-cmda>.
- [16] «BOE 337/2014,» [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/05/09/337>.
- [17] «Industria,» [En línea]. Available: <https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/instalaciones-alta-tension/Paginas/reglamento-seguridad-instalaciones-alta-tension.aspx>.
- [18] «BOE 223/2008,» [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2008/02/15/223>.
- [19] «BOE 560/2010,» [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2010/05/07/560>.
- [20] «BOE 1955/2000,» [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2000/12/01/1955/con>.
- [21] «BOE 842/2002,» [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2002/08/02/842>.
- [22] «BOE 1053/2014,» [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/12/12/1053/con>.
- [23] «BOE Orden IET,» [En línea]. Available: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-12238.

- [24] «BOE 2016/364,» [En línea]. Available: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2016-80458>.
- [25] «BOE 1110/2007,» [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2007/08/24/1110/con>.
- [26] «BOE IET/290/2012,» [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/o/2012/02/16/iet290> .
- [27] «BOE 31/1995,» [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/l/1995/11/08/31/con>.
- [28] «BOE 314/2006,» [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2006/03/17/314>.
- [29] I-DE, «MT 2.11.03,» [En línea]. Available: https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/instalaciones-alta-tension/Documents/reglamento-alta-tension/iberdrola/MT%202.11.03_E08_may19-.pdf.
- [30] «Normas UNE EN,» [En línea]. Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma>.
- [31] I-DE, «NI 50.20.03,» [En línea]. Available: https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/instalaciones-alta-tension/Documents/reglamento-alta-tension/iberdrola/NI%2050.40.03_E04_may19-.pdf.
- [32] I-DE, «NI 50.44.03 CBT aislado,» [En línea]. Available: https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/instalaciones-alta-tension/Documents/reglamento-alta-tension/iberdrola/NI%2050.44.03_E06_may19-.pdf.
- [33] I-DE, «NI 72.30.00 Transf,» [En línea]. Available: https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/instalaciones-alta-tension/Documents/reglamento-alta-tension/iberdrola/NI%2072.30.00_E11_may19-.pdf.
- [34] I-DE, «NI 50.42.11 CELDAS,» [En línea]. Available: https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/instalaciones-alta-tension/Documents/reglamento-alta-tension/iberdrola/NI%2050.42.11_E05_may19-.pdf.
- [35] «BOE 1367/2007,» [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2007/10/19/1367/con>.
- [36] I-DE, «NI 56.43.01 Cables MT,» [En línea]. Available: https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/lineas-alta-tension/Documents/proyectos-vigentes-anulados/iberdrola/NI%2056.43.01_E07_may19-.pdf.
- [37] I-DE, «NI 56.80.02 Acce MT,» [En línea]. Available: https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/lineas-alta-tension/Documents/proyectos-vigentes-anulados/iberdrola/NI%2056.80.02_E12_may19-.pdf.
- [38] I-DE, «MT 2.51.43 RSBT,» [En línea]. Available: https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Documents/tablas/iberdrola/MT%202.51.43_E02_may19-.pdf.

- [39] I-DE, «NI 56.37.01 Cab XZ1,» [En línea]. Available: https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Documents/tablas/iberdrola/NI%2056.37.01_E05_may19-.pdf.
- [40] Iberdrola, «NI 76.50.01 CGP,» [En línea]. Available: https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Documents/tablas/iberdrola/NI_76.50.01_6_jul10-.pdf.
- [41] I-DE, «NI 56.88.01 Acc BT,» [En línea]. Available: https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Documents/tablas/iberdrola/NI%2056.88.01_E09_may19-.pdf.
- [42] I-DE, «Formacion y Desarrollo Redes BT».
- [43] I-DE, «MT 2.03.20 Esp parti,» [En línea]. Available: https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Documents/tablas/iberdrola/MT%202.03.20_E11_may19-.pdf.
- [44] «Schneider,» [En línea]. Available: <https://www.se.com/es/es/product-range/967-rm6/#overview>.
- [45] I-DE, «Formacion y desarrollo Redes Subterranas MT».
- [46] I-DE, «NI 50.40.04 Envl Horm,» [En línea]. Available: https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/instalaciones-alta-tension/Documents/reglamento-alta-tension/iberdrola/NI%2050.40.04_E04_may19-.pdf.
- [47] I-DE, «NI 75.06.31 FUs,» [En línea]. Available: https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/instalaciones-alta-tension/Documents/reglamento-alta-tension/iberdrola/NI%2075.06.31_E05_may19-.pdf.

ANEXO 1: PLANOS

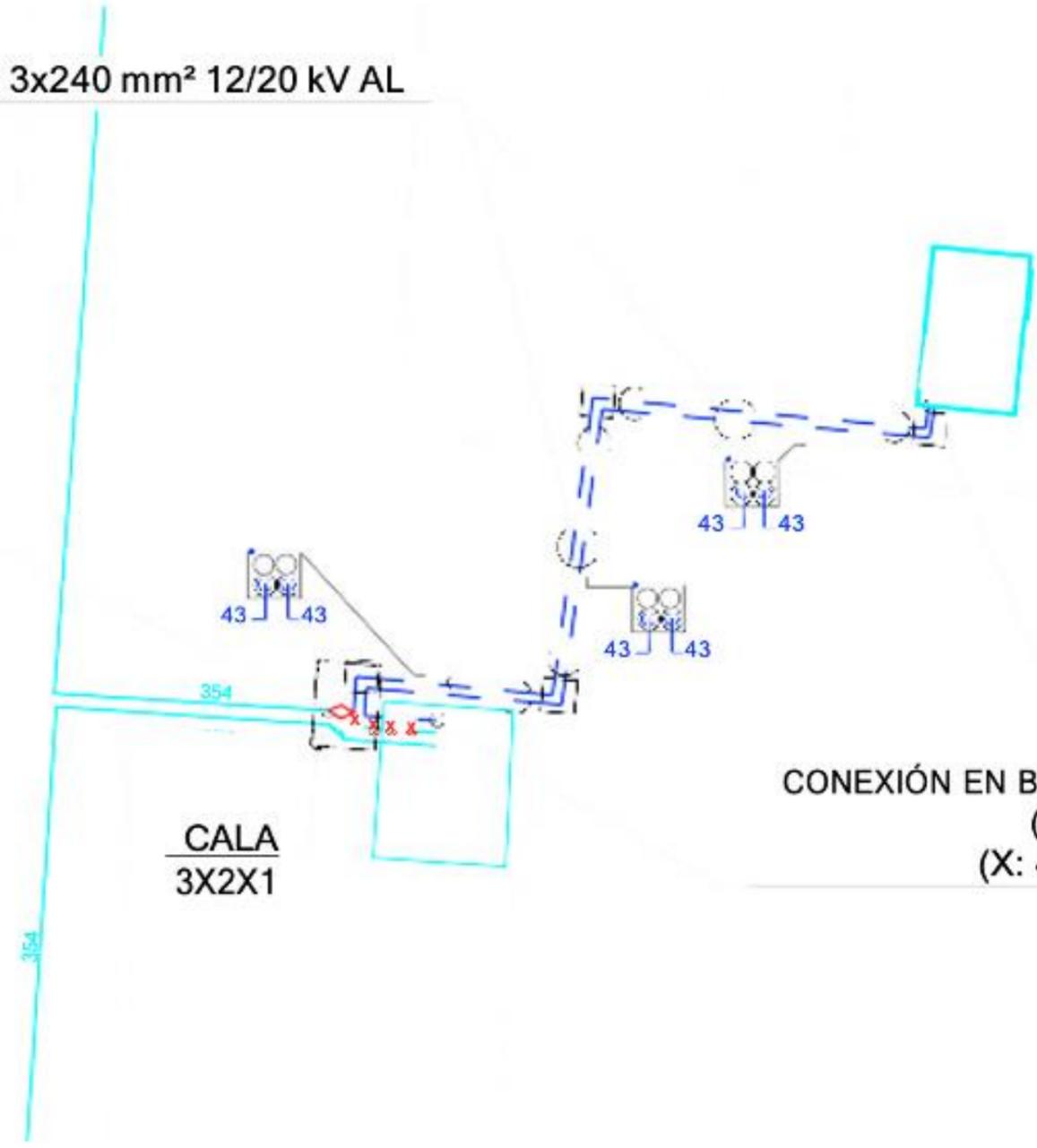


NUEVA PETICIÓN DE POTENCIA 207.400 KW
Ubicación de C.T. DE COMPAÑÍA a INSTALAR:
 X = 439.532
 Y = 4.476.206

Nº REF: AUTOR: JOS ANTONIO MARTINE MORENO FIRMA: FECHA:		LEYENDA		MODIFICACIONES				PROYECTO CONSTRUCCIÓN CT 2L/1P + TELEGESTIÓN + TRAF0 OLTC + 2CGP	
				FECHA	ALCANCE	CONTRATA	COMPROBADO		
								PLANO 1	

HEPRZ1 3x240 mm² 12/20 kV AL

EMPALME CON LSMT
PROCEDENTE DEL
CR GUZMAN BUENO
(8180038) (26-10IIE-63)
(X: 439.534 Y: 4.476.206)



PUNTO DE ENTRADA/SALIDA A
NUEVO CT
(X: 439.534 Y: 4.476.206)

CONEXIÓN EN BOTELLA DE CT GUZMAN BUENO 32
(8180036) (26E-692)
(X: 439.534 Y: 4.476.206)

NUEVA PETICIÓN DE POTENCIA 207.400 KW
Ubicación de C.T. DE COMPAÑÍA a INSTALAR:
X = 439.532
Y = 4.476.206

— NUEVA LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN PROYECTADA
POR CANALIZACIÓN NUEVA
— LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN EXISTENTE
- X - X - X LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN EXISTENTE A DESMONTAR

		LEYENDA		MODIFICACIONES				PROYECTO CONSTRUCCIÓN CT 2L/1P + TELEGESTIÓN + TRAF0 OLTC + 2CGP	
				FECHA	ALCANCE	CONTRATA	COMPROBADO		
Nº REF:		SECCIONADOR	APOYO METALICO					RED MT	PLANO
AUTOR: JOS ANTONIO MARTINE MORENO	FIRMA:	EMPALME	CABLE						2
FECHA:		BOTELLA	CANALIZ. SECCION						
		CAJA PROTECCION	CANALIZ. PLANTA						
		APOYO HORMIGON	ARQUETA						

NUEVA CGP ESQUEMA 10 A INSTALAR
(X:439.518 Y: 4.476.220)

CONEXIÓN L01 Y L02
(X:439.518 Y:4.476.220)

LINEA LSBT NUEVA
XZ1 3X(1X240)+1X150 AL

LINEA LSBT NUEVA
XZ1 3X(1X240)+1X150 AL

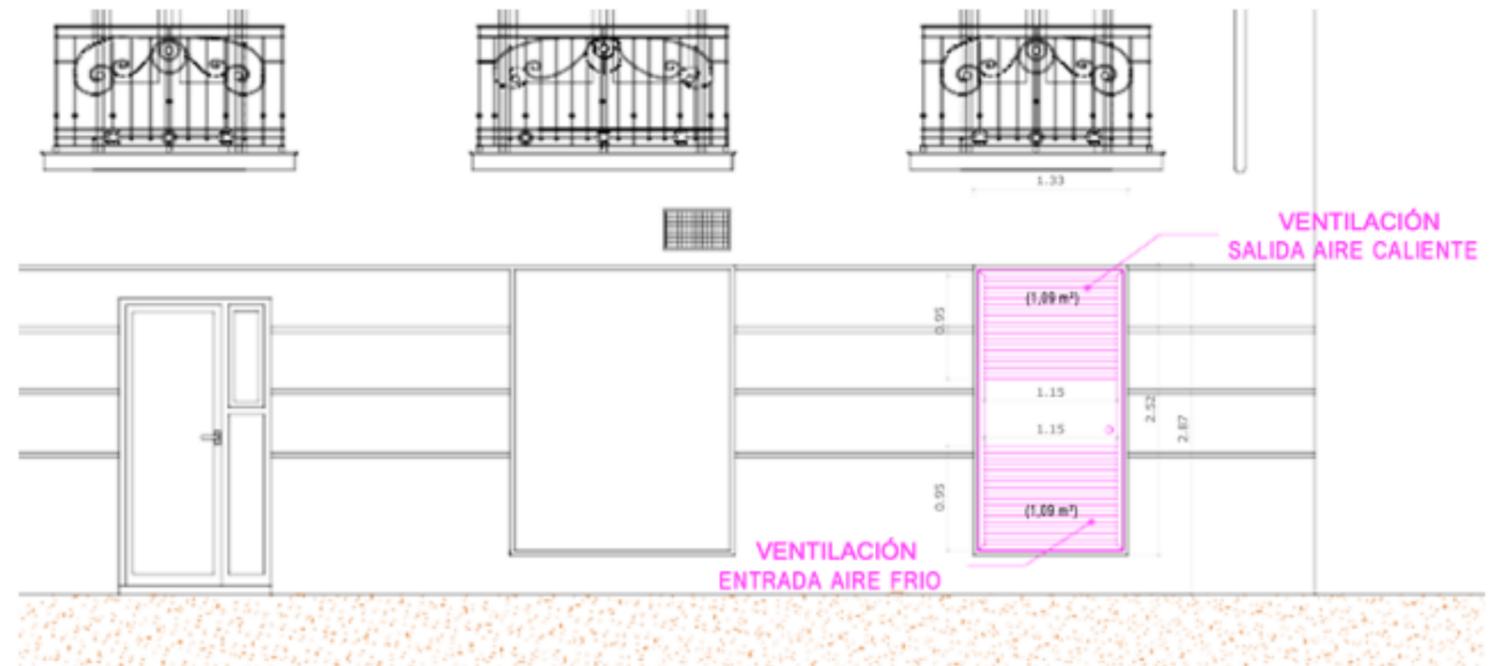
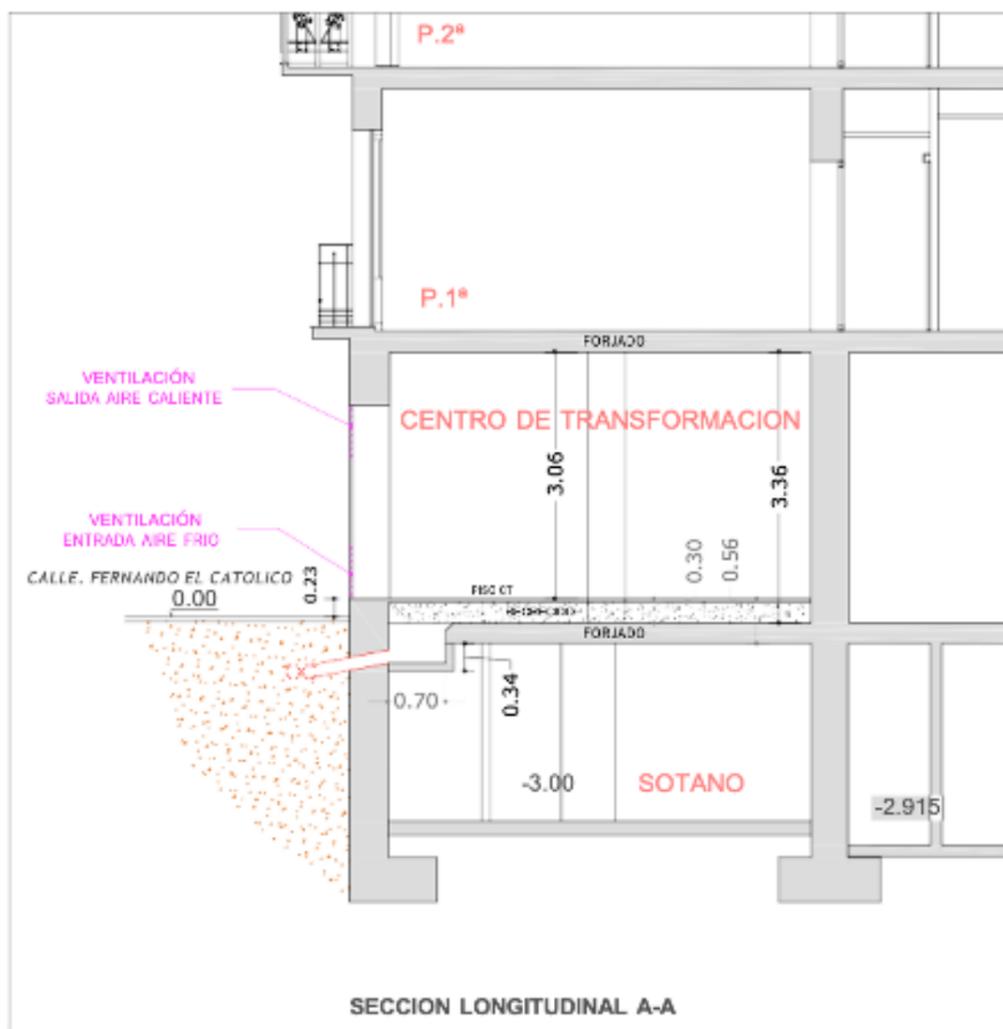
LINEA LSBT NUEVA
XZ1 3X(1X240)+1X150 AL

GUZMAN EL BUENO. 34-1 ESQUEMA 10
CT GUZMAN EL BUENO 34 L01 XZ1 3X(1X240)+1X150 AL (106,2 KW)
GUZMAN EL BUENO. 34-2 ESQUEMA 10
CT GUZMAN EL BUENO 34 L02 XZ1 3X(1X240)+1X150 AL (101,2 KW)

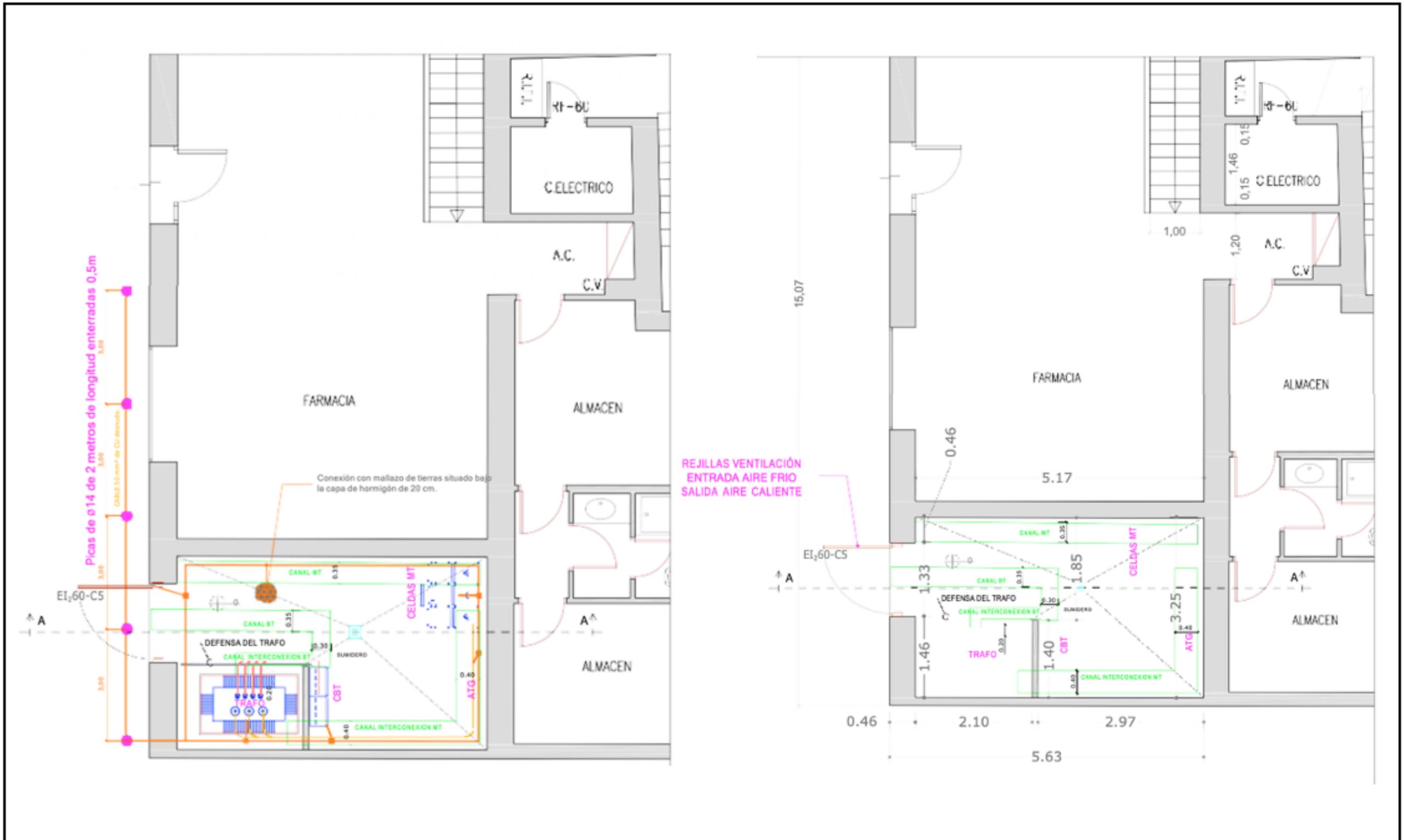
CONEXIÓN L01, L02
NUEVO CT
(X:439.534 Y: 4.446.206)

-  NUEVA LSBT TENDIDO POR CANALIZACIÓN NUEVA
-  ARMARIO BTV ESQUEMA 10
-  TOMA DE TIERRA

		LEYENDA		MODIFICACIONES				PROYECTO CONSTRUCCIÓN CT 2L/1P + TELEGESTIÓN + TRAF0 OLTC + 2CGP	
		SECCIONADOR	APOYO METALICO	FECHA	ALCANCE	CONTRATA	COMPROBADO	RED BT	PLANO
Nº REF:		 EMPALME	 CABLE						3
AUTOR: JOS ANTONIO MARTINE MORENO	FIRMA:	 BOTELLA	 CANALIZ. SECCION						
FECHA:		 CAJA PROTECCION	 CANALIZ. PLANTA						
		 APOYO HORMIGON	 ARQUETA						

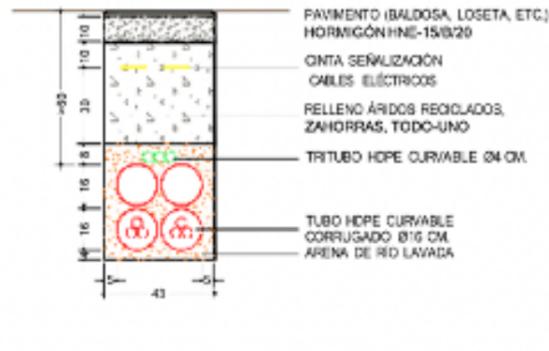


		LEYENDA		MODIFICACIONES				PROYECTO CONSTRUCCIÓN CT 2L/1P + TELEGESTIÓN + TRAF0 OLTC + 2CGP								
		SECCIONADOR	EMPALME	BOTELLA	CAJA PROTECCION	APOYO HORMIGON	APOYO METALICO	CABLE	CANALIZ. SECCION	CANALIZ. PLANTA	ARQUETA	FECHA	ALCANCE	CONTRATA	COMPROBADO	PLANO
Nº REF:																
AUTOR: JOS ANTONIO MARTINE MORENO	FIRMA:															
FECHA:																
															ALZADO Y SECCION	4



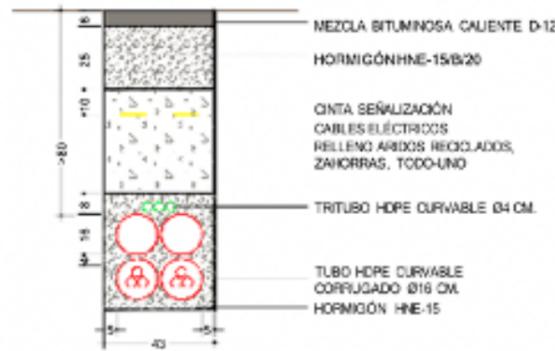
Nº REF:		LEYENDA		MODIFICACIONES				PROYECTO CONSTRUCCIÓN CT 2L/1P + TELEGESTIÓN + TRAFO OLTC + 2CGP																			
										<ul style="list-style-type: none"> SECCIONADOR EMPALME BOTELLA CAJA PROTECCION APOYO HORMIGON APOYO METALICO CABLE CANALIZ. SECCION CANALIZ. PLANTA ARQUETA 		<table border="1"> <thead> <tr> <th>FECHA</th> <th>ALCANCE</th> <th>CONTRATA</th> <th>COMPROBADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>		FECHA	ALCANCE	CONTRATA	COMPROBADO										
FECHA	ALCANCE	CONTRATA	COMPROBADO																								
PLANO																											
5																											
AUTOR: JOS ANTONIO MARTINE MORENO		FIRMA:		COTAS, RED DE TIERRAS Y VENTILACIÓN				PROYECTO CONSTRUCCIÓN CT 2L/1P + TELEGESTIÓN + TRAFO OLTC + 2CGP																			
FECHA:																											

CANALIZACION MEDIA TENSION

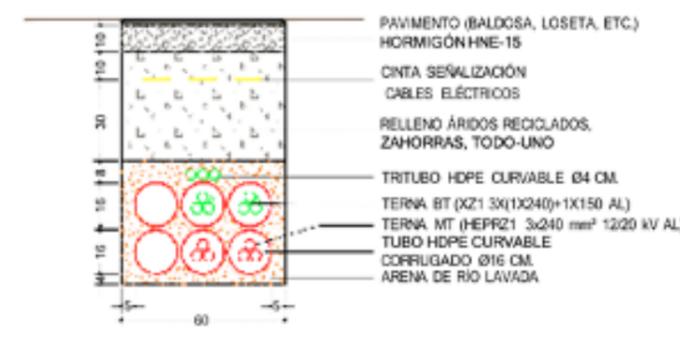


DETALLE ZANJA BAJO ACERA
ZANJA TIPO A Escala 1/20

CANALIZACION MEDIA Y BAJA TENSION

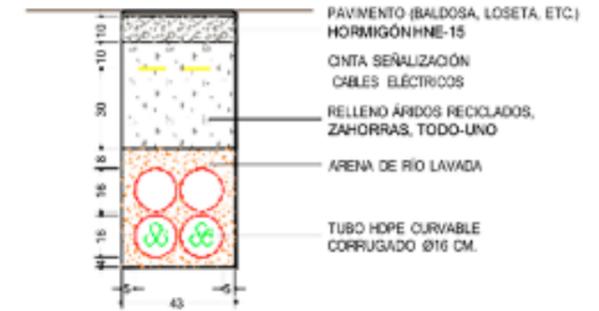


DETALLE ZANJA BAJO CALZADA
ZANJA TIPO B Escala 1/20



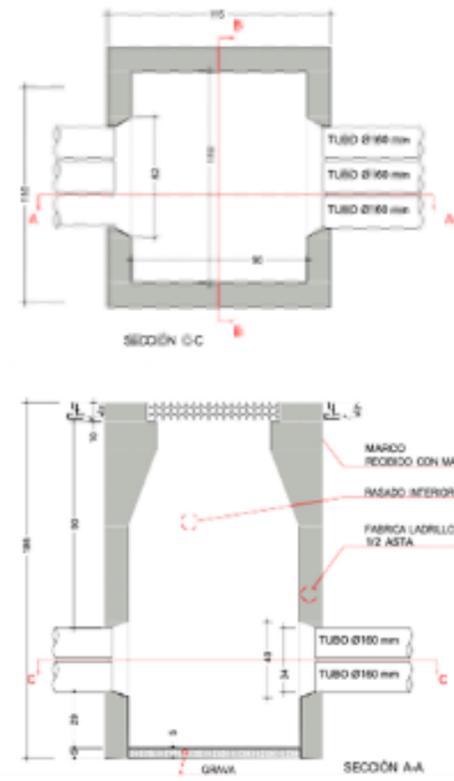
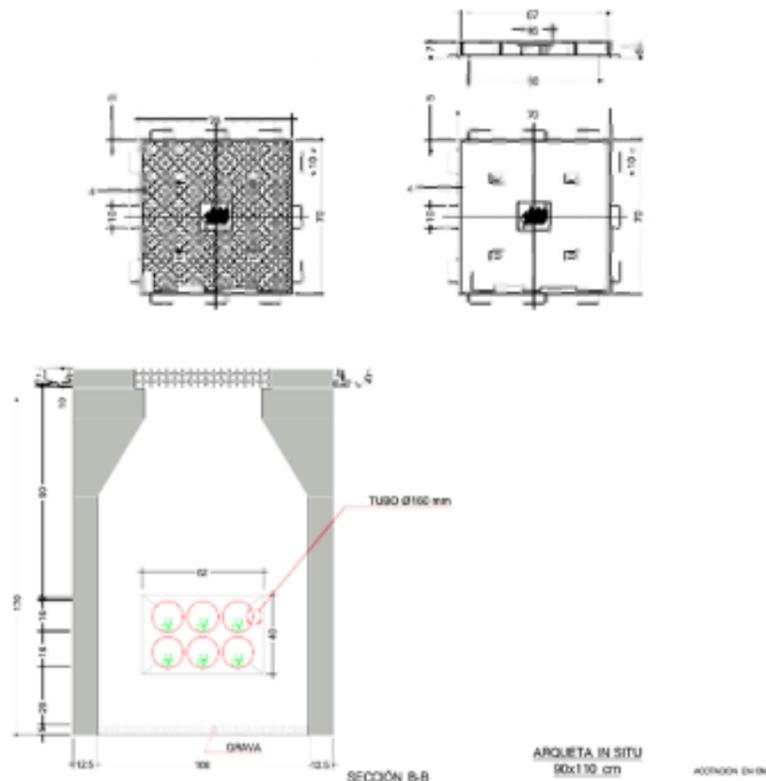
DETALLE ZANJA BAJO ACERA
ZANJA TIPO C Escala 1/20

CANALIZACION BAJA TENSION

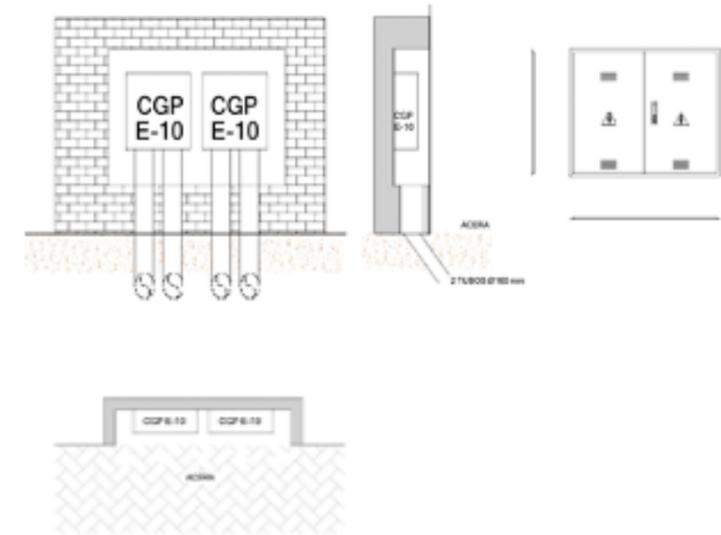


DETALLE ZANJA BAJO ACERA
ZANJA TIPO D Escala 1/20

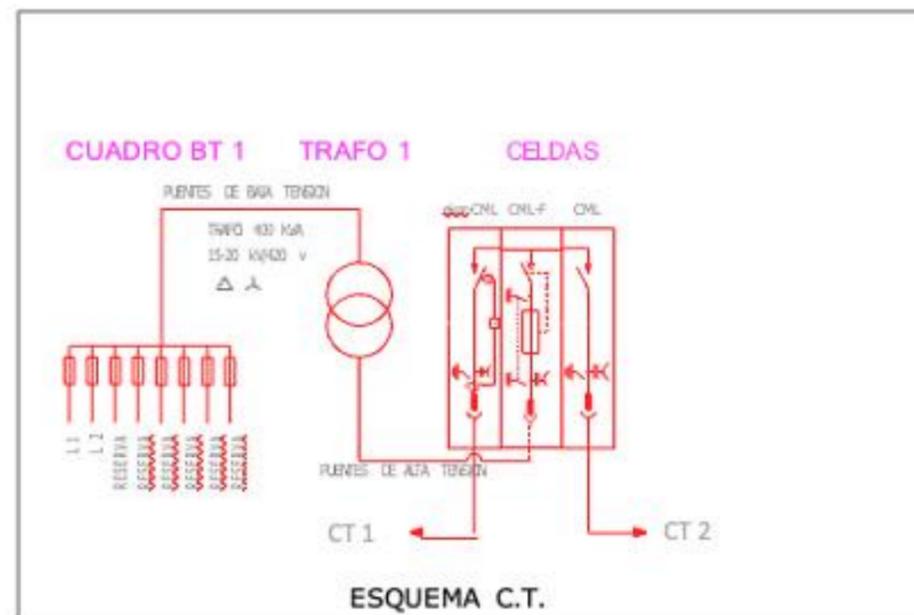
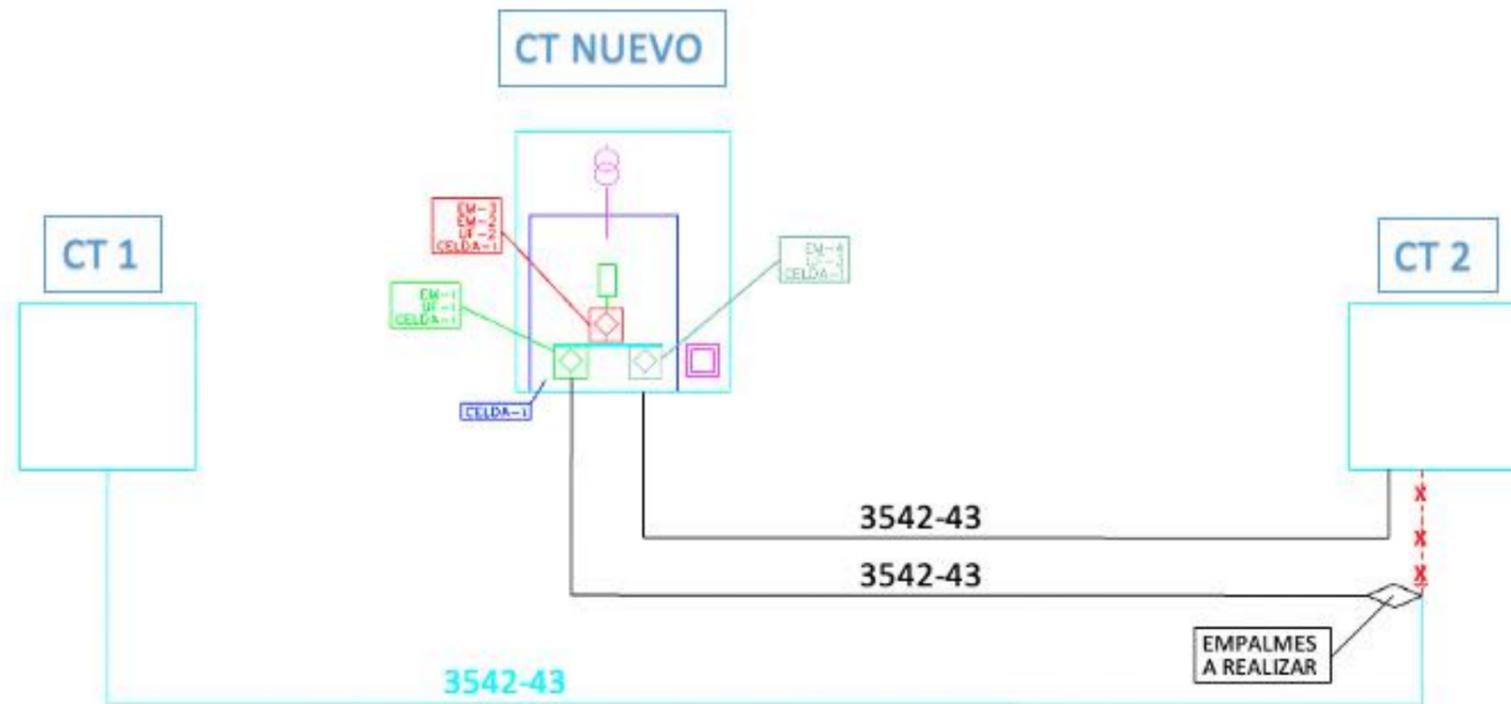
ARQUETA, MARCO Y TAPA



CGP ESQUEMA 10

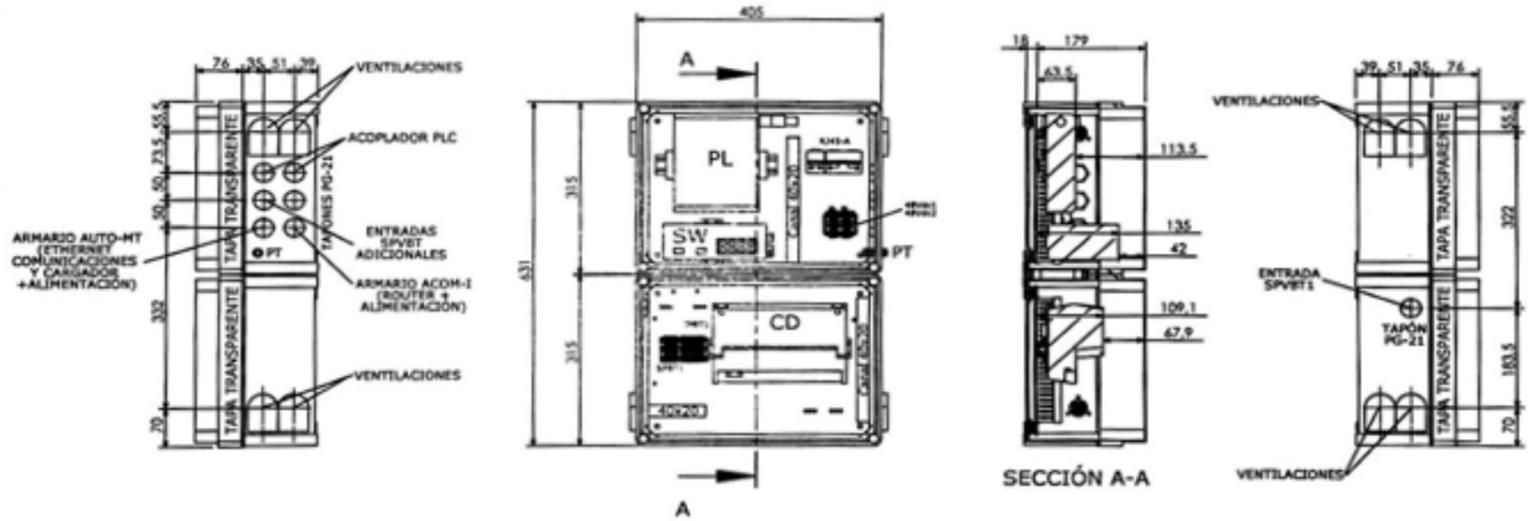


Nº REF:		AUTOR: JOS ANTONIO MARTINE MORENO		FIRMA:		LEYENDA				MODIFICACIONES				PROYECTO CONSTRUCCIÓN CT 2L/1P + TELEGESTIÓN + TRAF0 OLTC + 2CGP	
						SECCIONADOR	EMPALME	BOTELLA	CAJA PROTECCION	APOYO HORMIGON	APOYO METALICO	CABLE	CANALIZ. SECCION		
FECHA:														PLANO	
														6	

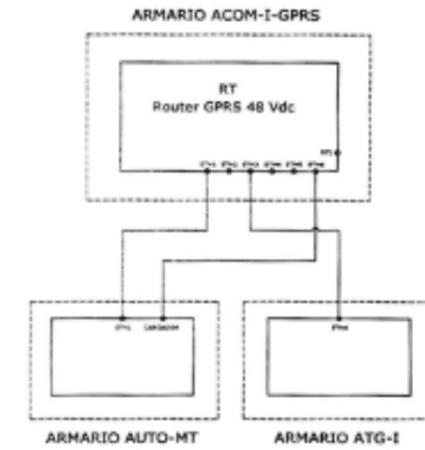


		LEYENDA	MODIFICACIONES				PROYECTO CONSTRUCCIÓN CT 2L/1P + TELEGESTIÓN + TRAF0 OLTC + 2CGP	
			FECHA	ALCANCE	CONTRATA	COMPROBADO		
Nº REF:							ESQUEMAS ELÉCTRICOS	
AUTOR: JOS ANTONIO MARTINE MORENO								PLANO 7
FECHA:								

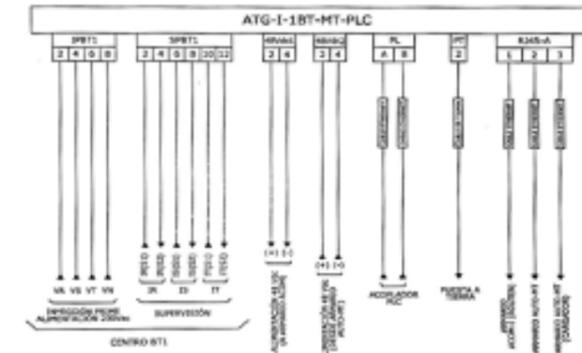
ARMARIO DE COMUNICACIONES



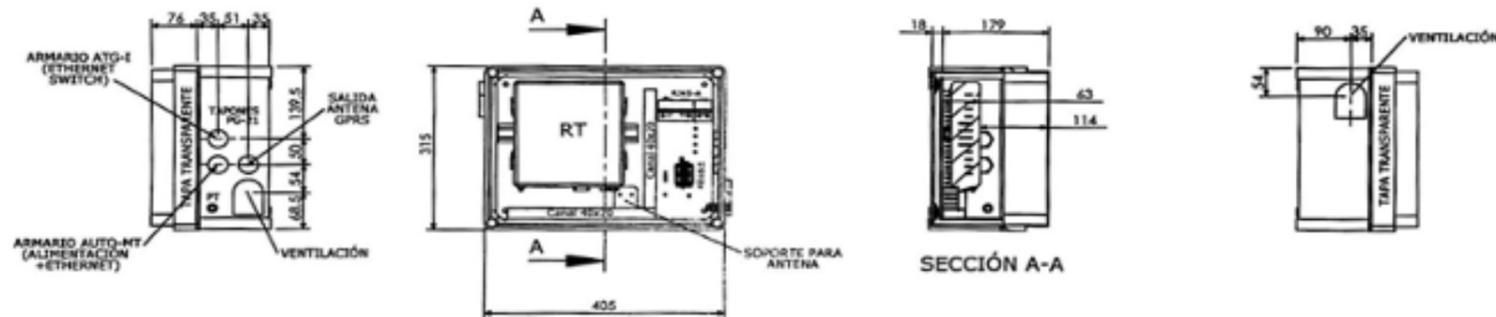
CABLEADO 1



CABLEADO 2



ARMARIO DE REMOTA (RTU)



CABLEADO 3



Nº REF:		LEYENDA	MODIFICACIONES				PROYECTO CONSTRUCCIÓN CT 2L/1P + TELEGESTIÓN + TRAF0 OLTC + 2CGP
			FECHA	ALCANCE	CONTRATA	COMPROBADO	
AUTOR: JOS ANTONIO MARTINE MORENO		FIRMA:					COMUICACIONES
FECHA:							
							PLANO
							8

