

## **ANEJO: AM. ELE. RED DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA**



## ÍNDICE

<b>1 MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGIA ELÉCTRICA.....</b>	<b>3</b>
1.1 UBICACIÓN DE LA ACTUACIÓN. ANTECEDENTES.....	3
1.2 OBJETO DEL PROYECTO.....	3
1.3 NORMAS DE APLICACIÓN. ORGANISMOS COMPETENTES.....	3
1.4 PREVISIÓN DE DEMANDA ELÉCTRICA. ....	4
1.5 PUNTO DE CONEXIÓN. TRABAJOS DE REFUERZO Y DE NUEVA EXTENSIÓN ..	5
1.6 TRABAJOS DE REFUERZO Y MODIFICACIÓN DE INSTALACIONES PROPIEDAD DE UFD DISTRIBUCIÓN ELECTRICIDAD S.A. ....	6
1.7 NUEVA EXTENSIÓN DE RED DE MEDIA TENSIÓN A REALIZAR POR SEPEs.....	7
1.7.1 REDES DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN. CANALIZACIONES Y PUNTOS DE ACCESO A RED .....	8
1.7.1.1 RED DE MEDIA TENSIÓN. ....	8
1.7.1.2 RED DE BAJA TENSIÓN .....	8
1.8 SUMINISTRO ELÉCTRICO A LAS PARCELAS RESULTANTES.....	9
1.9 RED DE MEDIA TENSIÓN.....	9
1.10 CENTROS DE TRANSFORMACIÓN .....	9
1.11 RED DE BAJA TENSIÓN .....	11
1.12 DIMENSIONAMIENTO DE TRANSFORMADORES Y LÍNEAS DE BAJA TENSIÓN. COEFICIENTES DE SIMULTANEIDAD EMPLEADOS.....	12
1.13 TENDIDOS ELÉCTRICOS DETECTADOS DENTRO DEL ÁMBITO.....	13
1.14 ENSAYOS Y DOCUMENTACIÓN A REALIZAR .....	13
1.15 TRAMITACIONES ADMINISTRATIVAS .....	14
<b>2 ANEXOS.....</b>	<b>14</b>
2.1 AM. ELE. 2.1 POTENCIA ASIGNADA .....	15
2.2 AM. ELE. 2.2 CÁLCULOS DE LA RED DE MEDIA TENSIÓN .....	19
2.3 AM. ELE. 2.3 CÁLCULOS DE LA POTENCIA DE LOS TRANSFORMADORES.....	25
2.4 AM. ELE. 2.4 CÁLCULO DEL SISTEMA DE TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	29
2.5 AM. ELE. 2.5 CÁLCULOS DE LA RED DE BAJA TENSIÓN .....	37



## **1 MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

### **1.1 UBICACIÓN DE LA ACTUACIÓN. ANTECEDENTES**

Los terrenos objeto del proyecto se encuentran separados del casco urbano de Ciudad Real y se ubican en la intersección de la carretera CN-430 con el camino de las minas.

### **1.2 OBJETO DEL PROYECTO**

El presente proyecto actualiza el proyecto original de Urbanización de la "ACTUACIÓN INDUSTRIAL ORETANIA" redactado el año 2010. El autor de este proyecto fue la UTE formada por CAI CONSULTORES DE INGENIERIA S.A. y EQUIPO CONSULTOR S.L. y fue redactado por los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Luis Cepedano Beteta, colegiado nº 6.880, y Jesús Pintado Manzanaque, colegiado nº 6495. Tomando como base dicho proyecto se desarrollan en el presente documento los trabajos correspondientes a la red de distribución de energía eléctrica y alumbrado exterior con los siguientes condicionantes:

- La superficie a urbanizar es una parte de la recogida en el proyecto original.
- Las condiciones de suministro eléctrico han variado.
- Es necesario recoger las variaciones existentes en cuanto a definición de unidades constructivas y adecuación del alumbrado a las nuevas tecnologías

### **1.3 NORMAS DE APLICACIÓN. ORGANISMOS COMPETENTES.**

El proyecto se redacta de acuerdo a la Normativa Legal Vigente, que se encuentra comprendido en los Reglamentos siguientes:

- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico («B.O.E.» 27 diciembre),
- Real Decreto 1048/2013, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de distribución de energía eléctrica.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.

- Normativa relativa a prevención de riesgos laborales y en particular el Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- REAL DECRETO 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 y sus modificaciones
- REAL DECRETO 2200/1995, de 28 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la infraestructura para la calidad y la seguridad industrial y sus modificaciones
- REAL DECRETO 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.
- REAL DECRETO 222/2008, de 15 de febrero, por el que se establece el régimen retributivo de la actividad de distribución de energía eléctrica.
- Recomendaciones para la Iluminación de Carreteras y Túneles. Ministerio de Fomento (1.999).
- Propuesta de Modelo de Ordenanza Municipal de Alumbrado Exterior para la protección del Medio Ambiente mediante la mejora de la Eficiencia Energética.
- Reglamento de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Orden Circular 36/2015, de 24 de febrero, sobre criterios a aplicar en la iluminación de carreteras a cielo abierto y túneles. Tomos I y II.
- Normas y recomendaciones de la Empresa distribuidora de Energía Eléctrica vigentes en el momento de entregar las instalaciones al distribuidor de zona

#### **1.4 PREVISIÓN DE DEMANDA ELÉCTRICA.**

Como punto de partida se ha efectuado una evaluación previa de la potencia total a suministrar a la urbanización, según la normativa vigente, el R.E.B.T., el uso previsto y "El Plan Parcial de mejora de la ordenación" que desarrolla el ámbito a urbanizar, determinándose a continuación la potencia eléctrica asignada a cada parcela. Las potencias previsibles en cada caso serán las que figuran a continuación.

Uso industrial.

Se considera una relación de potencia de 125 W por cada m<sup>2</sup> de superficie edificada.

Uso terciario.

Para este uso, la relación potencia por m<sup>2</sup> de superficie edificada es de 100 W.

Con estas premisas resulta la siguiente tabla de asignación de potencias:

	Parcela	Superficie (m <sup>2</sup> s)	Coef.edif.	Edificabilidad (m <sup>2</sup> c)	ratio de potencia (W/m <sup>2</sup> )	Potencia asignada ratio 125 W/m <sup>2</sup>	baremo de potencia para cálculo de la demanda (W/m <sup>2</sup> )	potencia a considerar en el punto de conexión
INDUSTRIA AISLADA	C-01	8.209,23	0,65	5.336,00	125,00	667 kW	40,00	213 kW
	C-02	8.407,14	0,65	5.464,64	125,00	683 kW	40,00	219 kW
	C-03	9.306,61	0,65	6.049,30	125,00	756 kW	40,00	242 kW
	C-04	9.968,26	0,65	6.479,37	125,00	810 kW	40,00	259 kW
	C-05	10.440,18	0,65	6.786,12	125,00	848 kW	40,00	271 kW
	C-06	10.803,73	0,65	7.022,42	125,00	878 kW	40,00	281 kW
	C-07	11.190,86	0,65	7.274,06	125,00	909 kW	40,00	291 kW
	C-08	17.663,68	0,65	11.481,39	125,00	1.435 kW	40,00	459 kW
	F-01	3.246,10	0,65	2.109,97	125,00	264 kW	40,00	84 kW
	F-02	3.074,00	0,65	1.998,10	125,00	250 kW	40,00	80 kW
	F-03	3.074,00	0,65	1.998,10	125,00	250 kW	40,00	80 kW
	<b>Total IAS</b>	<b>95.383,79</b>		<b>61.999,46</b>				
EQUIPAMIENTO	F-07	24.027,64	1,50	36.041,46	100,00	3.604 kW	40,00	1.442 kW
	<b>Total EQ</b>	<b>24.027,64</b>		<b>36.041,46</b>				
<b>TOTAL</b>		<b>119.411</b>		<b>98.041</b>		<b>11.354 kW</b>		<b>3.922 kW</b>

La demanda total de la actuación asciende a 11.354 kW.

Para el cálculo de la demanda eléctrica en los puntos de conexión con las redes del distribuidor eléctrico de la zona (UFD Distribución Electricidad S.A) se ha mantenido el coeficiente reductor empleado en el proyecto del 2010 que resulta ser de 0,4. Por lo tanto la demanda eléctrica en los puntos de conexión sería de 3.922 kW.

Así mismo, para el servicio de la actuación se prevé instalar una estación de bombeo de fecales ubicada en el suroeste de la Actuación con una demanda eléctrica estimada en 15 kW. Dada la distancia existente entre dicha estación de bombeo y la red de distribución eléctrica proyectada, la alimentación eléctrica provendrá de un punto de la red de distribución existente, próximo a la estación de bombeo.

## 1.5 PUNTO DE CONEXIÓN. TRABAJOS DE REFUERZO Y DE NUEVA EXTENSIÓN

Los puntos de conexión a las redes del distribuidor eléctrico de la zona (UFD Distribución Electricidad S.A) se definen en su escrito de fecha 22 de febrero de 2019 con número de expediente EXP348118110070 como sigue:

- En barras de 15 kV de la subestación "Puerta de Toledo" con una posición a cerrar con el centro de transformación 13CCC3 donde se añadirá una celda telecontrolada.
- Los nuevos trabajos y desarrollo de instalaciones necesarias para garantizar el suministro eléctrico a la actuación se dividen en dos categorías: Los trabajos de refuerzo, adecuación, adaptación o reforma de instalaciones de la red de distribución existente en servicio, necesarios para incorporar a las nuevas instalaciones que deben ser desarrollados por el distribuidor de zona según el RD 1048/2013. Estos trabajos se definen y valoran en el escrito de condiciones remitido por UFD Distribución Electricidad S.A. y su ejecución y abono forma parte de este proyecto. Del resultado de los mismos se determinan los puntos de conexión de los que partirá la nueva extensión de red cuya ejecución forma parte del presente proyecto.

- Trabajos necesarios para la nueva extensión de red desde la red de distribución existente hasta el primer elemento propiedad del solicitante. Estas redes se reflejan en el plano de "nueva extensión de red eléctrica".

## **1.6 TRABAJOS DE REFUERZO Y MODIFICACIÓN DE INSTALACIONES PROPIEDAD DE UFD DISTRIBUCIÓN ELECTRICIDAD S.A.**

Los trabajos de refuerzo de instalaciones existentes para garantizar el suministro eléctrico forman parte de las obras de urbanización de esta Actuación y consisten en:

- Trabajos a realizar en la subestación "Puerto de Toledo". Los necesarios para poder conectar una línea de media tensión subterránea, a construir por SEPES, al punto de conexión definido por UFD Distribución Electricidad S.A en el exterior de la citada subestación. Incluye, entre otras labores, las siguientes:
  - Realización de los proyectos oficiales y constructivos para la reforma de la celda de 15 kV de la subestación de UFD, con los estudios previos y mediciones en campo que sean necesarias.
  - Ejecución de obra civil de acuerdo con planos, pliego de condiciones y mediciones específicas del proyecto constructivo. Incluye trabajos de demoliciones previas necesarias, retranqueo de instalaciones afectadas y labores albañilería (fábrica de ladrillo, arquetas, canalizaciones, taladros en muros o losas necesarios) para las canalizaciones dentro de la subestación que dejen preparada la subestación para el tendido de la línea de 15 kV dentro de la subestación hasta su celda de 15 kV.
  - Montaje electromecánico completo, de acuerdo con los planos y las unidades de montaje que aporte el proyecto constructivo. Incluye trabajos previos de gestión del descargo de la posición, maniobras locales y bloqueos y puestas a tierra como preparación de los trabajos en la celda.
  - Desmontaje del relé de protección de la celda (no válido, celda prevista para posición de batería de condensadores) y de relés auxiliares, manetas y borneros y demás material sobrante. Mecanizado de chapas e instalación de borneros necesarios para la reforma y realización de montajes de equipos, descableados y recableados.
  - Suministro y montaje del relé de protecciones ZIV 8IDN para las funciones de protección normalizadas por UFD para una salida de línea de 15 kV que son, fundamentalmente, de sobreintensidad de fases (50-51) y de sobreintensidad direccional de neutro aislado (67NA). Adaptación de las señales de telecontrol a las normalizadas de UFD para una celda de salida de línea de MT.  
Dirección técnica de la obra y pruebas finales. Pruebas funcionales globales de baja tensión, pruebas de los circuitos y equipos de protección y telecontrol en local y con el Centro de Operación de Red (COR) de UFD, carga de bases de datos de señales y de ajustes del relé de protección de la posición de 15kV. Puesta en tensión y en carga.

- Trabajos a realizar en el centro de transformación propiedad de UFD Distribución Electricidad S.A 13CCC3. Los necesarios para poder conectar una línea de media tensión subterránea, a construir por SEPES, a una celda de línea telemada a instalar dicho centro de transformación.

Los trabajos detallados en este apartado serán realizados por el distribuidor (UFD Distribución Electricidad S.A) al ser éste el propietario de esas redes y por razones de seguridad, fiabilidad y calidad del suministro.

### **1.7 NUEVA EXTENSIÓN DE RED DE MEDIA TENSIÓN A REALIZAR POR SEPES**

Desde los puntos de conexión dados por UFD Distribución Electricidad S.A. se construirán tendidos subterráneos formados por un circuito de media tensión que transcurrirán en canalizaciones con el recorrido indicado en planos hasta conectar con la red de distribución de media tensión de la actuación "ORETANIA (1ª FASE)". Todo el recorrido transcurrirá por viarios públicos propiedad del Ayuntamiento de Ciudad Real, intentando ubicar la canalización en acera y cuando no sea posible en calzada lindando con el acerado, así como por suelo público de la carretera CN-430.

Por indicación de los servicios técnicos de UFD Distribución Electricidad S.A. se ubicarán arquetas exclusivamente en puntos singulares. En los puntos indicados por la dirección facultativa se dejarán previstas calas de tiro con la amplitud suficiente para permitir el tendido mediante métodos mecánicos.

Dada la longitud de la traza se aprovecharán los empalmes para poner a tierra las pantallas de los conductores en los puntos a determinar de manera conjunta entre el servicio técnico de UFD Distribución Electricidad S.A y la Dirección Facultativa.

La canalización partirá del exterior de la subestación "Puerta de Toledo" y contendrá una línea subterránea formada por conductor RHZ1-2OL 12/20 kV 3x(1X240) mm<sup>2</sup>. Se realizará un empalme en el punto de registro a ubicar en el exterior de la subestación que conectará con la línea que tenderá UFD Distribución Electricidad S.A formada por conductor RHZ1-2OL(S) 12/20 kV 3x(1X240) mm<sup>2</sup>.

El citado circuito de media tensión discurrirá en canalización formada por tubos de 160 y de 125 sin tubo de reserva a excepción de los cruces de calzada y en los tramos a borde de calzada, con la siguiente composición:

- Desde la salida de la subestación "Puerta de Toledo" y hasta la calle Vereda del Vicario la canalización estará dotada de un tubo de 160 mm y un tubo de comunicaciones de 125 mm de diámetro (no se incluirá tubos de reserva). Se dispondrá hitos de señalización para reflejar la existencia de la línea eléctrica.
- Desde la calle Vereda del Vicario hasta llegar a la Avenida de los descubrimientos, la canalización transcurrirá por el borde de la calzada y estará dotada de dos tubos de 160 mm (uno de reserva) y un tubo de comunicaciones de 125 mm de diámetro.
- Desde el cruzamiento por debajo de la vía férrea hasta el CT13CCCE3, la canalización transcurrirá por el acerado existente y estará dotada de un tubo de 160 mm (sin tubo de reserva) y un tubo de comunicaciones de 125 mm de diámetro.

- Desde el CT13CCCE3 hasta el final de la zona acerada la canalización transcurrirá por el acerado existente y estará dotada de tres tubos de 160 mm (sin tubo de reserva) y un tubo de comunicaciones de 125 mm de diámetro.
- El último tramo hasta la entrada en el vial L de la actuación estará dotada de dos tubos de 160 mm (sin tubo de reserva) y un tubo de comunicaciones de 125 mm de diámetro.

Las conexiones a puntos de entrega de energía serán realizadas por UFD Distribución Electricidad S.A.

#### 1.7.1 REDES DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN. CANALIZACIONES Y PUNTOS DE ACCESO A RED

Por indicaciones de los responsables de Unión Fenosa Distribución en Ciudad Real, no se instalarán puntos de acceso a la red (arquetas) salvo en casos justificados. Se procederá mediante la realización de calas que permitan el tendido y conexionado de los conductores. Comprobada la correcta ejecución, se procederá al sellado de tubos y tapado de las calas.

##### 1.7.1.1 RED DE MEDIA TENSIÓN.

Nueva extensión de red:

Dada la longitud de más de 5 kilómetros de recorrido, se estima conveniente ubicar registros en puntos singulares.

Red interior de suministro a parcelas y a centros de transformación:

Las canalizaciones de media tensión tendrán un mínimo de 80 cm de profundidad y un ancho de 20 o 40 cm. Se instalará un tubo de polietileno de 160 mm de diámetro por cada línea de media tensión y un tubo de comunicaciones de 125 mm de diámetro.

Los puntos de acceso a red, en el caso de instalarse, serán de hormigón prefabricado de las dimensiones recogidas en los planos y normativa, y estarán dotados de tres tapas de fundición esferoidal, según la Norma UNE EN 124. El esfuerzo asignado a las tapas será D-400 en función del pavimento donde vayan situadas, y además irán equipadas con elementos antiruido.

##### 1.7.1.2 RED DE BAJA TENSIÓN

Las canalizaciones de baja tensión tendrán un mínimo de 80 cm de profundidad y un ancho de 40 cm. Se instalará un tubo de polietileno de 160 mm de diámetro por cada línea de baja tensión, sin tubo de reserva en los cruces de calzada.

No se ubicarán puntos de acceso a red. Los armarios de acometida se dejarán embornados.

Los trazados por zonas rurales que no discurren por vías públicas o paralelos a ellas se señalarán mediante la instalación de hitos prefabricados de hormigón, que se colocarán cada 50 metros en los tramos rectos y en todos los cruces y cambios de dirección.

Estos hitos serán prismáticos de 20 cm de lado y 60 cm de altura. Dispondrán de un espacio para la etiqueta identificativa de la línea subterránea según codificación propia de UFD Distribución Electricidad S.A.

### **1.8 SUMINISTRO ELÉCTRICO A LAS PARCELAS RESULTANTES**

De la aplicación del ratio de 125 W/m<sup>2</sup> para parcela industrial y 100 W/m<sup>2</sup> para equipamiento resulta la potencia asignada reflejada en este documento. La demanda resultante es la asignación de potencia eléctrica a cada parcela en media tensión (15 kV). Así mismo y en previsión de posibles demandas en baja tensión (230/400 V), se dotará a cada parcela de un punto de conexión en baja tensión hasta un límite de 90 kW. En consecuencia, el suministro eléctrico a las parcelas se prevé en media y baja tensión.

Las acometidas en media tensión no forman parte de este proyecto, siendo a cargo del futuro propietario de la parcela la conexión de su instalación a las redes de media tensión propiedad de UFD Distribución Electricidad S.A. Con objeto de no realizar roturas del acerado para el acceso a la red de media tensión se proyectan puntos de acceso a red, según normativa de UFD Distribución Electricidad S.A., en los lindes de separación entre parcelas. Estos puntos de acceso serán los previstos para realizar las conexiones en la red de media tensión que permitan los suministros en media tensión a los parcelistas. Desde ese punto de acceso el peticionario de suministro en media tensión realizará a su costa la instalación necesaria para conectar su centro de abonado a la red de media tensión.

Los suministros en baja tensión se resuelven mediante la instalación de las correspondientes cajas generales de protección y medida, por lo que no se instalarán puntos de acceso a red (arquetas). En cada parcela industrial, comercial o de servicios, se instalará un armario individual para equipos de medida de Baja Tensión con reparto de red, montaje intemperie, medida indirecta, normalizado por UFD Distribución Electricidad S.A. con la referencia CPM-TIR-160-AE

### **1.9 RED DE MEDIA TENSIÓN**

De los puntos indicados partirán tendidos subterráneos de conductor RHZ1-2OL 12/20 kV 3x(1X240) mm<sup>2</sup> aislamiento de polietileno reticulado, pantalla de alambres helicoidales de cobre de 16 mm<sup>2</sup> de sección, doble obturación longitudinal contra la penetración de humedad y cubierta exterior de poliolefina, que conectarán los centros de transformación de distribución y los centros de seccionamiento previstos. Así mismo suministrarán en media tensión a las parcelas que por superficie tengan asignado dicho suministro.

### **1.10 CENTROS DE TRANSFORMACIÓN**

Se opta por centros de transformación prefabricados de envolvente de hormigón y dimensiones reducidas tipo PFU4 o similar de dimensiones máximas 4,5 m x 2,5 m x 2,9 m.

Se instarán centros de transformación ubicados en caseta prefabricada de hormigón (grado protección mayor de IP23D y 10 K), de maniobra exterior dotados de un transformador de 630 kVA. Se ubicarán en los lugares indicados en los planos, con acceso a vial público y en terreno capaz de soportar una presión de 1 kg/cm<sup>2</sup>. Serán de maniobra exterior y ventilación natural.

Se dispone de un foso de recogida de aceite de 400 l de capacidad por cada transformador cubierto de grava para la absorción del fluido y para prevenir el vertido del mismo hacia el exterior y minimizar el daño en caso de fuego.

Está dotado de sistema de alumbrado según normativa de UFD Distribución Electricidad S.A. y del equipo de maniobra y seguridad.

El diseño de los centros cumple lo indicado en el PROYECTO TIPO de UFD Distribución Electricidad S.A. El equipamiento eléctrico constará de:

- Celdas de línea compactas prefabricadas bajo envolvente metálica con corte y aislamiento en SF<sub>6</sub>, embornadas con el conductor de media tensión de distribución. La celda de salida será telecontrolada incorporando los sistemas de detección del paso de falta direccional (sensores y relé DPF). La conexión con la línea de media tensión (RHZ1-2OL de 240 mm<sup>2</sup>) se realizará mediante conectores enchufables en T simétrica apantallados.
- Celdas de protección compactas prefabricadas bajo envolvente metálica con corte y aislamiento en SF<sub>6</sub>, con funciones de maniobra y protección de transformador. La conexión al transformador se realizará mediante conectores enchufables apantallados y conductor RHZ1-2OL 12/20 kV
- El conjunto de celdas 2L1P lleva incorporado los elementos de telegestión y comunicación GPRS (remota y router) y una alimentación segura para telecontrol.
- Transformador trifásico tipo B2 con las características indicadas en normativa de UFD Distribución Electricidad S.A. con sus sistemas de protección contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Cuadro de baja tensión de 1.000 A, telecontrolado dotado de cuatro salidas de distribución con cuatro bases BTVC (400 A) y de alimentación en baja tensión a los servicios auxiliares del centro de transformación telecontrolado. La unión entre el transformador y el cuadro de baja tensión se realizará con conductores tipo XZ1 0,6/1 kV de 240 mm<sup>2</sup>, utilizando tres para las fases y dos para el neutro.
- Gestor de centro de transformación
- TELECONTROL Y TELEGESTIÓN
  - MANDO MOTOR EN LA CELDA DE LÍNEA DE LA DERECHA a 48 Vcc
  - ARMARIO TC Y TG COMPLETO sobre celda (2LP) incluyendo:
  - ZONA TC

Remota Telecontrol 8 entradas 2 salidas y DPF compuesta por: 1 Remota modelo ORMAZABAL ekor CCP

1 DPF Direccional modelo ORMAZABAL ekorCI en Tarjeta

Fuente de alimentación segura puntos MT ORMAZABAL modelo ekorBAT 200

ZONA TG

Concentrador-Supervisor BT.

Router Avanzado GPRS/3G-6 Ethernet + Antena LAMBDA GPRS

1 KIT 7 SENSORES INTENSIDAD Y TENSIÓN PARA DPF DIRECCIONAL. 3  
Sensores V (ekor EVTC) + 3 Intensidad + Toro Homopolar.

Sistema de puesta a tierra interior

Tierra de servicio. Se conectará a este sistema el neutro de los transformadores y estará compuesta por cable de aluminio de 50 mm<sup>2</sup> aislamiento 0,6/1 kV.

Tierra de protección. Se conectará a este sistema las masas de alta y baja tensión, envolturas y pantallas metálicas de los cables, pantallas y enrejados de protección, armaduras metálicas, cuba del transformador, bornes de tierra de los detectores de tensión, bornes de puesta a tierra de los dispositivos portátiles de puesta a tierra. Estará compuesta por cable de aluminio de 50 mm<sup>2</sup> desnudo ó 35 mm<sup>2</sup> de cobre.

Sistema de puesta a tierra exterior.

Los sistemas de puesta a tierra interior se conectarán a una tierra general exterior. Se emplearán picas de acero-cobre de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud y conductor de cobre de 50 mm<sup>2</sup>. Su trazado coincidirá con el de las canalizaciones de media tensión y nunca transcurrirán fuera de las aceras.

La composición del sistema de puesta a tierra se reforzará si es necesario con objeto de obtener las tensiones de paso y contacto normalizadas por el distribuidor.

Caja de medida de tierras.

Se ubicarán en envolventes con tapa transparente grado protección IP54.

Se dispondrá de un punto accesible y seccionable de la tierra general para la medida de ésta.

Se dispondrá de un punto accesible de la tierra del neutro de baja tensión para la medida de éste debidamente protegido, señalizado y no seccionable.

Tierra del neutro con aislamiento y separación respecto a la tierra general.

Se realizará una acera perimetral de 1 m de ancho alrededor de la caseta.

### 1.11 RED DE BAJA TENSIÓN

A continuación se reflejan las potencias asignadas en baja tensión a cada una de las parcelas resultantes:

Parcela	Superficie (m <sup>2</sup> <sub>s</sub> )	Coef.edif.	Edificabilidad (m <sup>2</sup> <sub>c</sub> )	ratio de potencia (W/m <sup>2</sup> )	Potencia asignada ratio 125 W/m <sup>2</sup>	POTENCIA ASIGNADA EN BAJA TENSIÓN (kW)
C-01	8.209,23	0,65	5.336,00	125,00	667 kW	90
C-02	8.407,14	0,65	5.464,64	125,00	683 kW	90
C-03	9.306,61	0,65	6.049,30	125,00	756 kW	90
C-04	9.968,26	0,65	6.479,37	125,00	810 kW	90
C-05	10.440,18	0,65	6.786,12	125,00	848 kW	90
C-06	10.803,73	0,65	7.022,42	125,00	878 kW	90
C-07	11.190,86	0,65	7.274,06	125,00	909 kW	90
C-08	17.663,68	0,65	11.481,39	125,00	1.435 kW	90
F-01	3.246,10	0,65	2.109,97	125,00	264 kW	90
F-02	3.074,00	0,65	1.998,10	125,00	250 kW	90
F-03	3.074,00	0,65	1.998,10	125,00	250 kW	90
F-07	24.027,64	1,50	36.041,46	100,00	3.604 kW	90
CUADRO DE ALUMBRADO						9
						1.089 kW

De los nuevos centros de transformación que se instalan surgirán los tendidos de baja tensión que suministrarán energía eléctrica a 400 V. De cada centro de transformación partirán cuatro líneas formadas por conductor XZ1 0,6/1 kV 4x(1X240) mm<sup>2</sup> que desde el punto de registro en baja tensión embornarán en las cajas generales de protección que se instarán dentro de las parcelas en el linde con la zona pública.

Todas las parcelas dispondrán de suministro en baja tensión.

La red de baja tensión se conectará a las cajas generales de protección y medida modelo CPM-TIR-160-AE instaladas dentro de nichos con puerta IK 10.

La conexión de las derivaciones de circuitos se realizará en las arquetas mediante conectores de presión de Al/Al, del tipo "T" impregnados en grasa neutra de alto punto de goteo. Cada conexión se realizará utilizando el siguiente material:

- 1 Ud. Conector tipo "C" de aluminio alta pureza.
- 1 Ud. Manguito termorretráctil abierto/derivación.

En las arquetas de derivación o fin de circuito, y en general, cada doscientos metros, se dispondrán de tomas de tierra para el conductor neutro. La confección de la puesta a tierra se realizará utilizando el siguiente material:

- 1 MI. Cable RV 0,6/1 kV 1x50 Cobre.
- 1 Ud. Conector tipo "C" de aluminio alta pureza.
- 1 Ud. Manguito termorretráctil abierto/derivación.
- 1 Ud. Pica de acero cobrizado L = 2.000 mm y d = 14 mm.
- 1 Ud. Grapa conexión pica/cable Cu 50.
- -- MI. Cinta antihumedad.

## 1.12 DIMENSIONAMIENTO DE TRANSFORMADORES Y LÍNEAS DE BAJA TENSIÓN. COEFICIENTES DE SIMULTANEIDAD EMPLEADOS.

En resumen se emplearán los siguientes coeficientes reductores:

- 0,9 a la potencia demandada por cada parcela para el cálculo de la potencia del transformador a instalar en el centro de transformación "A".
- 1 a la potencia demandada por cada parcela para el cálculo de la potencia del transformador a instalar en el centro de transformación "A".
- 1 a la potencia a distribuir por las líneas de baja tensión para el dimensionamiento de la sección de dichas líneas.

### **1.13 TENDIDOS ELÉCTRICOS DETECTADOS DENTRO DEL ÁMBITO.**

Dentro del ámbito a urbanizar se encuentran tendidos de media tensión que es preciso desmontar o desviar. Su trazado actual se refleja en el correspondiente plano. De conformidad con los Reales Decretos 223/2008 y 919/2006, el contratista de obra tiene la obligación de solicitar los servicios afectados de las empresas de distribución de electricidad y gas con una antelación de 30 días al inicio de los trabajos

Los trabajos de urbanización se realizarán manteniéndose estos tendidos en servicio y en su situación actual por lo que habrán de realizarse los trabajos de conformidad con el RD 614/2001 y normativa del distribuidor eléctrico.

Los tendidos de media tensión aéreos se podrán desmontar una vez obtenida la correspondiente autorización de puesta en servicio de la correspondiente variante en subterráneo por lo que el contratista deberá agilizar los trabajos y tramitación administrativa correspondiente.

Al ser líneas eléctricas en servicio, los trabajos necesarios serán ejecutados por el titular de las líneas, UFD Distribución Electricidad S.A. Se trata de dos tramos aéreos:

Tramo1. Tendido aéreo que puede ser desmontado por no existir la instalación que originó la necesidad de alimentación eléctrica.

Tramo 2. Tendido aéreo que es necesario modificar y adecuar a la nueva urbanización. La propuesta para la modificación del trazado actual de la citada línea aérea consiste en realizar el soterramiento de dicho tramo integrando la canalización en la nueva calle que se genera con la urbanización, según el trazado que se refleja en el correspondiente plano.

Los trabajos incluyen la baja y desmontaje del transformador aéreo y las gestiones necesarias para cancelar el correspondiente contrato de suministro.

Se adjunta en los anejos la valoración de los trabajos realizada por UFD Distribución Electricidad S.A., propietario de la infraestructura eléctrica, para un desvío de inferior longitud a la recogida en el presente proyecto. En el presupuesto se valora el coste del desvío, con la longitud reflejada en los planos, incluyendo los incrementos de conductor y zanjas correspondientes con objeto de realizarlas, de común acuerdo con Unión Fenosa Distribución, por parte del adjudicatario de las obras.

### **1.14 ENSAYOS Y DOCUMENTACIÓN A REALIZAR**

En las instalaciones correspondientes a la red de distribución y nueva extensión de red se realizarán los ensayos determinados en la normativa de UFD Distribución Electricidad S.A.

Así mismo, se elaborará la documentación necesaria para la obtención de la conformidad y cesión de las instalaciones realizadas por SEPES.

En la instalación de alumbrado exterior se realizarán los ensayos exigidos en la reglamentación, que deberán ser realizados por organismo de control autorizado.

Los costes de estos trabajos están incluidos en la valoración de las correspondientes unidades.

### **1.15 TRAMITACIONES ADMINISTRATIVAS**

Las instalaciones correspondientes a la red de distribución de energía eléctrica serán cedidas al distribuidor eléctrico de zona, UFD Distribución Electricidad S.A.

Forman parte de este proyecto las correspondientes tramitaciones administrativas necesarias para la obtención de las autorizaciones de inicio de los trabajos y la de puesta en servicio de las instalaciones, figurando como titular de las mismas el Ayuntamiento de Ciudad Real para el alumbrado público exterior y UFD Distribución Electricidad S.A. para las redes de distribución de energía eléctrica.

Madrid, JUNIO 2021

EL JEFE DE LA DIVISIÓN DE  
PLANEAMIENTO Y PROYECTOS

## **2 ANEXOS**

- 2.1 AM. ELE. 2.1 POTENCIA ASIGNADA
- 2.2 AM. ELE. 2.2 CÁLCULOS DE LA RED DE MEDIA TENSIÓN
- 2.3 AM. ELE. 2.3 CÁLCULO DEL SISTEMA DE TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
- 2.4 AM. ELE. 2.4 CÁLCULOS DE LA POTENCIA DE LOS TRANSFORMADORES
- 2.5 AM. ELE. 2.5 CÁLCULOS DE LA RED DE BAJA TENSIÓN

## **2.1 AM. ELE. 2.1 POTENCIA ASIGNADA**



Para la asignación de potencia a las parcelas se han aplicado los baremos recogidos en el documento de planeamiento que desarrolla el ámbito a urbanizar que coinciden con los recogidos en la instrucción ITC-BT-10 del Reglamento electrotécnico para baja tensión. Así mismo se han tenido en cuenta los baremos y coeficientes recogidos en el proyecto original y consensuados con UFD Distribución Electricidad S.A.

De la aplicación de la ratio de 125 W/m<sup>2</sup> para parcela industrial y 100 W/m<sup>2</sup> para equipamiento resulta la potencia asignada reflejada en este documento. La demanda resultante es la asignación de potencia eléctrica a cada parcela en media tensión (15 kV). Así mismo y en previsión de posibles demandas en baja tensión (230/400 V), se dotará a cada parcela de un punto de conexión en baja tensión hasta un límite de 90 kW.

Las asignaciones de potencia resultan por tanto:

	Parcela	Superficie (m <sup>2</sup> <sub>s</sub> )	Coef.edif.	Edificabilidad (m <sup>2</sup> <sub>c</sub> )	ratio de potencia (W/m <sup>2</sup> )	Potencia asignada ratio 125 W/m <sup>2</sup>	POTENCIA ASIGNADA EN BAJA TENSIÓN (kW)
INDUSTRIA AISLADA	C-01	8.209,23	0,65	5.336,00	125,00	667 kW	90
	C-02	8.407,14	0,65	5.464,64	125,00	683 kW	90
	C-03	9.306,61	0,65	6.049,30	125,00	756 kW	90
	C-04	9.968,26	0,65	6.479,37	125,00	810 kW	90
	C-05	10.440,18	0,65	6.786,12	125,00	848 kW	90
	C-06	10.803,73	0,65	7.022,42	125,00	878 kW	90
	C-07	11.190,86	0,65	7.274,06	125,00	909 kW	90
	C-08	17.663,68	0,65	11.481,39	125,00	1.435 kW	90
	F-01	3.246,10	0,65	2.109,97	125,00	264 kW	90
	F-02	3.074,00	0,65	1.998,10	125,00	250 kW	90
F-03	3.074,00	0,65	1.998,10	125,00	250 kW	90	
<b>Total IAS</b>		<b>95.383,79</b>		<b>61.999,46</b>			
EQUIPAMIENTO	F-07	24.027,64	1,50	36.041,46	100,00	3.604 kW	90
<b>Total EQ</b>		<b>24.027,64</b>		<b>36.041,46</b>			
<b>TOTAL</b>		<b>119.411</b>		<b>98.041</b>		<b>11.354 kW</b>	1.080



## **2.2 AM. ELE. 2.2 CÁLCULOS DE LA RED DE MEDIA TENSIÓN**



### Red de media tensión.

Características de los conductores a utilizar.

Según lo indicado en apartados anteriores, el conductor a emplear dispondrá al menos de las siguientes características:

Designación	RHZ1 Doble OL Al 12/20 kV
Material	Aluminio (Al)
Conductor	Circular y compacto
Sección nominal.	240 mm <sup>2</sup>
Tensión (U <sub>o</sub> /U)	12/20 kV
Tensión de máxima utilización	24 kV
Tensión de ensayo con onda tipo rayo	125 kV
Intensidad admisible al aire (40°C)	455 A
Intensidad admisible, cable enterrado a 25°C	320 A
Material aislamiento XLPE (5,5 mm espesor) (R)	
Cubierta color Rojo	VEMEX
Diámetro aparente conductor (cuerda)	17,9 mm
Sección nominal de la pantalla	16 mm <sup>2</sup> (H)
Resistencia óhmica a 20°C en CC	0,125 Ω/km
Resistencia óhmica a 90°C en CC	0,160 Ω/km
Capacidad en μF/km	0,318 μF/km.
Reactancia por fase a 12/20 kV	0,105 Ω/km
Intensidad admisible en c.c. durante 0,1 seg.	70 kA.
Intensidad admisible en c.c. durante 0,5 seg.	29,5 kA.
Intensidad admisible en c.c. durante 1 seg.	22,7 kA.
Intensidad admisible en c.c. durante ≤ 5 seg.	10,0 kA.

### Circuitos y densidad de corriente en régimen.

La red diseñada de media tensión constará de un circuito en bucle con la subestación "Puerta de Toledo" y un centro de transformación próximo (CT13CCE3).

La demanda de los puntos de conexión resulta de la aplicación de un coeficiente reductor (0,4) a la demanda total estimada (11.354 kW) resultando una demanda estimada en el conductor de 3.922 kW.

$$I = \frac{P}{(\sqrt{3}) \times V \times \cos \varphi} = 3.922 / (1,73 \times 15 \times 0,85) = 177,60 \text{ A}$$

Según los datos obtenidos de los fabricantes, la intensidad máxima admisible para el conductor enterrado asciende a 320 A, por lo que la intensidad obtenida es inferior a la admisible por el conductor, considerándose por tanto adecuado.

### Densidad de corriente en cortocircuito.

Puesto que la corriente de cortocircuito de la red será de 350 MVA, la intensidad eficaz de cortocircuito permanente simétrico, será:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{(\sqrt{3}) \times V} = \frac{350 \times 10^6}{(\sqrt{3}) \times 15000} = 13.471,5 \text{ A}$$

Teniendo en cuenta los valores de intensidad máxima de cortocircuito admisibles en el conductor de 240 mm<sup>2</sup> para una duración de cortocircuito de 0,5 s (32,1 kA), el conductor previsto verifica las necesidades requeridas.

$$13.471,5 \text{ A} < 32.100 \text{ A}$$

### Caída de tensión.

La caída de tensión por resistencia y reactancia de una línea viene dada por la fórmula:

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

siendo:

e = caída de tensión, en voltios.

L = longitud de la línea en km.

I = intensidad de corriente en A.

R = resistencia del conductor en ohm/km.

X = reactancia inductiva en ohm/km.

$\varphi$  = ángulo de desfase

teniendo en cuenta que:

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

donde:

P = Potencia transportada en kilovatios.

U = Tensión compuesta de la línea en kilovoltios.

La caída de tensión en tanto por ciento de la tensión compuesta será:

$$e\% = (P \cdot L / 10 \cdot U^2)(R + X \operatorname{tg} \varphi)$$

Sustituyendo los valores conocidos U, R y X tendremos:

Tensión (kV)	Sección (mm <sup>2</sup> )	Caída de tensión ( $\Delta U\%$ )		
		$\cos \phi = 0,8$	$\cos \phi = 0,9$	$\cos \phi = 1$
15	95	22,4x10 <sup>-5</sup> PL	20,9x10 <sup>-5</sup> PL	18,2x10 <sup>-5</sup> PL
	150	15,7x10 <sup>-5</sup> PL	14,3x10 <sup>-5</sup> PL	11,7x10 <sup>-5</sup> PL
	240	10,7x10 <sup>-5</sup> PL	9,5x10 <sup>-5</sup> PL	7,1x10 <sup>-5</sup> PL
20	95	12,6x10 <sup>-5</sup> PL	11,8x10 <sup>-5</sup> PL	10,3x10 <sup>-5</sup> PL
	150	8,8x10 <sup>-5</sup> PL	8,0x10 <sup>-5</sup> PL	6,6x10 <sup>-5</sup> PL
	240	6,0x10 <sup>-5</sup> PL	5,3x10 <sup>-5</sup> PL	4,0x10 <sup>-5</sup> PL

Los límites máximos de variación de la tensión de alimentación a los consumidores finales serán de  $\pm 7$  por 100 de la tensión de alimentación declarada, de acuerdo al R.D. 1955/2000 de 1 de diciembre.

Se considerará como caso más desfavorable el extremo de la traza de mayor longitud (la que proviene de la subestación). La demanda de potencia se repartirá entre los dos tramos por lo que la potencia acumulada se repartirá de igual forma entre los dos tramos por lo que tenemos

Longitud más desfavorable: 6.177 m

Potencia acumulada: 1.961 kW

La caída de tensión la obtendremos de la fórmula:

$$\Delta_u = (\sqrt{3}) \cdot L \cdot I \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \operatorname{sen} \varphi)$$

Donde

L = longitud de la línea en km.

I = intensidad (en nuestro caso 177,60 A).

Según la normativa de Unión Fenosa, la pérdida de potencia responde a la siguiente fórmula:

$$\Delta u = 6,3 \cdot P \cdot L \cdot 0,00001$$

Donde

L = longitud de la línea en km.

P = potencia acumulada

Sustituyendo valores obtendremos:

$$\Delta_u = 763,12 \text{ V}$$

Esta caída de tensión representa el 5,00 %, lo cual se considera admisible.

## **2.3 AM. ELE. 2.3 CÁLCULOS DE LA POTENCIA DE LOS TRANSFORMADORES**



Para el cálculo de la potencia de los transformadores se ha partido de las siguientes hipótesis:

- Suponer en todas las parcelas una acometida en baja tensión y una demanda máxima de 90 kW.
- Intentar deducir al máximo en número de transformadores.
- Utilizar máquinas de 630 kVA.

Al aplicar las premisas anteriores se obtiene como resultado la necesidad de instalar una máquina de 630 kVA en cada caseta de transformación. Así mismo el centro de transformación nº1 sobrepasan ligeramente la capacidad del transformador considerándose asumible al estar basado el cálculo en estimaciones máximas de demandas en baja tensión, siendo las reales previsiblemente inferiores a éstas

#### CENTRO DE TRANSFORMACIÓN "A"

PARCELA	SUPERFICIE EDIFICABLE	POTENCIA ASIGNADA EN BAJA TENSIÓN (kW)	COEF. SIMULTANEIDAD PARA EL TRAF0	COS Ø	POTENCIA PARA EL TRANSFORMADOR (kVA)
C-01	8.209,23	90 kW	0,90	0,90	90 kVA
C-02	8.407,14	90 kW	0,90	0,90	90 kVA
C-03	9.306,61	90 kW	0,90	0,90	90 kVA
C-04	9.968,26	90 kW	0,90	0,90	90 kVA
F-01	3.246,10	90 kW	0,90	0,90	90 kVA
F-02	3.074,00	90 kW	0,90	0,90	90 kVA
F-03	3.074,00	90 kW	0,90	0,90	90 kVA
					<b>630 kVA</b>

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN "B"

PARCELA	SUPERFICIE edificable	POTENCIA ASIGNADA EN BAJA TENSIÓN (kW)	COEF. SIMULTANEIDAD PARA EL TRAFIO	COS FI	POTENCIA PARA EL TRANSFORMADOR (kVA)
C-05	10.440,18	90 kW	1,00	0,90	100 kVA
C-06	10.803,73	90 kW	1,00	0,90	100 kVA
C-07	11.190,86	90 kW	1,00	0,90	100 kVA
C-08	17.663,68	90 kW	1,00	0,90	100 kVA
F-03	3.074,00	90 kW	1,00	0,90	100 kVA
F-07	24.027,64	90 kW	1,00	0,90	100 kVA
CUADRO DE MANDO		9 kW	1,00	0,90	10 kVA
					<b>610 kVA</b>

## **2.4 AM. ELE. 2.4 CÁLCULO DEL SISTEMA DE TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**



## Red de tierras

Se seguirán las indicaciones recogidas en el Proyecto Tipo para la construcción de Centro de Transformación en envolvente prefabricada de Unión Fenosa Distribución.

## Configuración tipo CTEP superficie

El electrodo de PaT general estará constituido por un bucle rectangular que rodea al centro enterrado a 0,5 m de profundidad sin picas y con una acera perimetral (no equipotencial) de 1 m de anchura y 15 cm de espesor.

## Prescripciones generales de seguridad

El material usado para las líneas de puesta a tierra interiores será el aluminio. Las secciones mínimas a emplear para las líneas de puesta a tierra serán 50 mm<sup>2</sup> para el aluminio.

Para el dimensionamiento con respecto a la corrosión y a la resistencia mecánica de los electrodos y de las líneas de tierra se seguirán los criterios indicados en el apartado 3 de ITC-RAT-13.

Conforme a lo indicado en el punto 3.1 de ITC-RAT-13, se considerará un tiempo mínimo de un segundo para la duración de defecto a la frecuencia de red y no se podrán superar las densidades de corriente siguientes:

- 100 A/mm<sup>2</sup> para el aluminio.
- 160 A/mm<sup>2</sup> para el cobre.

Se define como tipo la siguiente configuración:

### Electrodo PAT general

25-25/5/00

#### Datos de partida

- 1) Tensión de servicio ( $V_n$ ) 20 kV
- 2) Puesta a tierra del neutro de AT Aislado
- 3) Intensidad de puesta a tierra ( $I_E$ ) 60 A
- 4) Duración de la corriente de falta hasta su eliminación (tF) 0,7 s
- 5) Nivel de aislamiento de las instalaciones en BT (VIO) 10.000 V
- 6) Resistividad superficial del suelo ( $\rho_s$ )
- 7) Resistividad del terreno ( $\rho_{\text{terreno}}$ ) 300  $\Omega \times m$
- 8) Resistividad del hormigón ( $\rho_{\text{hormigón}}$ ) 3.000  $\Omega \times m$

### Resistividad superficial del suelo ( $\rho_s$ )

La resistividad a considerar dependerá de si existe o no una capa superficial de resistividad elevada:

Resistividad a considerar en la acera perimetral:

$$\rho_{acera} = \rho_{aparente} = \rho_{capa} \cdot C_s$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot \left[ \frac{1 - \frac{\rho_{terreno}}{\rho_{capa}}}{2h_s + 0,106} \right] = 0,77$$

Por lo tanto:

$$\rho_{acera} = 3.000 \times 0,77 = 2.295,070 \Omega \times m$$

Resistividad del terreno exterior: La resistividad será la del terreno.

$$\rho_{terreno} = 300 \Omega \times m$$

### Diseño preliminar de la instalación de tierra general

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en las configuraciones tipo y en las recomendaciones de UNESA que son válidas para una instalación de este tipo y contenidas en el documento UNESA *"Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría"*

En este caso, la configuración preliminar elegida es la correspondiente al código 25-25/5/00, cuyos parámetros característicos son:

$$K_r = 0,18 \Omega / (\Omega \cdot m)$$

$$K_p = 0,0395 V / (\Omega \cdot m)(A)$$

$$K_c = 0,1188 V / (\Omega \cdot m)(A)$$

### Medidas de seguridad adicionales

Se adoptan las siguientes medidas de seguridad adicionales:

1. El centro estará construido de tal manera que su interior constituya una superficie equipotencial.
2. Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.

3. Acera perimetral de hormigón alrededor del centro de anchura 1 m y espesor de 15 cm.
4. Con las puertas abiertas, será necesario el empleo de los equipos de protección individual y colectiva que aseguren el aislamiento, para la tensión nominal de la instalación (15 o 20 kV), entre la zona de maniobra y la propia instalación.

### **Cálculo de la resistencia de PaT general**

El cálculo de la resistencia del electrodo elegido:

$$R_t = K_r \cdot P_{\text{terreno}} = 0,18 \times 300 = 54 \Omega$$

### **Cálculo de las tensiones de contacto ( $U''_c$ ), paso ( $U''_p$ ) y defecto ( $U''_d$ ) en la instalación**

La tensión de defecto tierra general será:

$$U''_d = R_t \cdot I_E = 54 \times 60 = 3.240 \text{ V}$$

La tensión de contacto en el exterior del centro con las puertas cerradas será prácticamente cero, ya que se instala la acera perimetral

La tensión de contacto en el exterior del centro con las puertas abiertas no se considera ya que se toman las medidas de seguridad adicional.

La tensión de paso en el exterior del centro será:

$$U''_p \text{ exterior} = K_p \cdot P_{\text{terreno}} \cdot I_E = 0,0395 \times 300 \times 60 = 711 \text{ V}$$

### **Comprobación del diseño de puesta a tierra general**

Una vez realizado el diseño básico del sistema de puesta a tierra con el que se satisfacen los requisitos de corrosión y resistencia mecánica y resistencia térmica, se debe verificar que este diseño satisface los requisitos de seguridad para personas.

La tensión máxima de paso admisible en el exterior será:

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

(1.6.3.1.3.2.a)

donde:

$$U_{pa} = 10 \times U_{ca}$$

$$U_{ca} (t_f = 0,7s) = 150 \text{ V}$$

$$Z_B = 1.000 \Omega$$

$$R_{a1} = 2.000 \Omega$$

$Ra2=3 \cdot P_{\text{terreno}}$  siendo  $P_{\text{terreno}}=300 \Omega \cdot m$

$$U_{p\_exterior} = 10 \cdot 150 \left[ 1 + \frac{2 \cdot 2000 + 6 \cdot 300}{1000} \right] = 10.200V$$

Se comprueba que los valores anteriormente calculados para la puesta a tierra general de este centro, considerando las medidas adicionales de seguridad adoptadas, son inferiores a los valores máximos admisibles para esta instalación.

Comprobación del nivel de aislamiento de las instalaciones en BT:

$$10000 V \geq (3240 + 230) V = 3470 V$$

Para mayor seguridad se ha considerado en la fórmula una tensión transferida nula, ya que su valor concreto dependerá de la separación entre las instalaciones de puesta a tierra general y del neutro.

Tensión de paso calculada en el exterior del centro ( $U_{p\_exterior}$ ) < Tensión de paso máxima admisible ( $U_{p\_exterior}$ )  $711 V \leq 10.200 V$

Se satisfacen todas las necesidades requeridas, por lo que se puede considerar correcta la configuración elegida.

### Separación de PaT general y del neutro de baja tensión

La distancia será como mínimo:

$$D = \frac{300 \cdot 60}{2 \cdot 1000 \cdot \pi} = 2.86 \text{ m}$$

La distancia entre los sistemas de tierras será de como mínimo 6 m.

### Resumen

Las características principales del electrodo de PAT general son:

Tabla 18

Característica	Valor
Código de la configuración	25-25/5/00
Profundidad	0,5 m
Geometría electrodo	Cuadrado 2,5 x 2,5 m
Numero de picas	0

La distancia entre la PaT general y la PaT del neutro de baja tensión será:

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
Distancia mínima	6m

El instalador comprobará los valores sobre el terreno adaptando la instalación en caso necesario.



## **2.5 AM. ELE. 2.5 CÁLCULOS DE LA RED DE BAJA TENSIÓN**



## CÁLCULO DE LA RED DE BAJA TENSIÓN

La distribución en Baja Tensión se realizará a 400/230 V en disposición trifásica con neutro a tierra.

### – RESISTENCIA DEL CONDUCTOR

La resistencia R del conductor, en ohmios por kilómetro, varía con la temperatura T de funcionamiento de la línea, según la fórmula:

$$R_T = R_{20} [1 + \alpha (T - 20)] \Omega / \text{km}$$

Siendo  $\alpha = 0,00403$  para el aluminio  $T=90$

La siguiente tabla indica la resistencia lineal de algunos conductores:

Conductor	Sección nominal (mm <sup>2</sup> )	Resistencia máxima a 20°C (Ω/km)	Resistencia máxima a 90°C (Ω/km)
XZ1-AL 0,6/1 kV	50	0,641	0,821
	95	0,320	0,410
	150	0,206	0,264
	240	0,125	0,160

### – REACTANCIA DEL CONDUCTOR

La reactancia kilométrica de la línea se calcula según la expresión:

$$X = 2 \pi f \epsilon \Omega / \text{km}$$

y sustituyendo en ella el coeficiente de inducción mutua  $\epsilon$  por su valor, se llega a:

$$X = 2 \pi f (K + 4,605 \log 2 D_m/d) 10^{-4} \Omega / \text{km}$$

Donde:

X = Reactancia, en ohmios por km.

f = Frecuencia de la red en hercios.

D<sub>m</sub> = Separación media geométrica entre conductores en mm.

d = Diámetro del conductor en mm.

K = Constante que, para conductores masivos es igual a 0,5 y para conductores cableados toma los valores siguientes:

Sección nominal (mm <sup>2</sup> )	K
50	0,64
95	0,55
150	0,55
240	0,53

Sustituyendo con los datos de la Tabla 1 y considerando la instalación de 4 cables unipolares (3 fases y neutro) en contacto mutuo, se obtienen los siguientes valores aproximados de la reactancia lineal:

Sección nominal (mm <sup>2</sup> )	Reactancia lineal (Ω/km)
50	0,093
95	0,083
150	0,081
150 (AS)	0,099
240	0,079
240 (AS)	0,093

– INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

Para cada instalación, dependiendo de sus características, configuración, condiciones de funcionamiento, tipo de aislamiento, etc., el proyecto justificará y calculará según la norma UNE 21144 la intensidad máxima permanente del conductor, con el fin de no superar la temperatura máxima asignada.

Las temperaturas máximas admisibles de los conductores, en servicio permanente y en cortocircuito, para aislamiento seco en polietileno reticulado XLPE, son las que figuran en la siguiente tabla:

Tipo de aislamiento seco	Condiciones	
	Servicio Permanente θ s	Cortocircuito ècc (t ≤ 5 s)
Polietileno reticulado (XLPE)	90	250

Denominación	Intensidades máximas (AI)		
	Cables directamente enterrados. Terreno de resistividad térmica 1Km/W	Cables entubados. Terreno de resistividad térmica 1Km/W	Cables al aire
XZ1 0,6/1kV 2x50AI	192	153	---
XZ1 0,6/1kV 4x50AI	157	125	---
XZ1 0,6/1kV 4x95AI	236	191	---
XZ1 0,6/1kV 4x150AI	307	253	290
XZ1 0,6/1kV 4x240AI	401	336	390

Se permitirán otros valores de intensidad máxima permanentes admisibles siempre que correspondan con valores actualizados y publicados en las normas EN y IEC aplicables. En su defecto se aplicarán intensidades máximas admisibles de las tablas que figuran a continuación, teniendo en cuenta que la resistividad térmica media del terreno dependerá de las condiciones climatológicas del entorno debiéndose aplicar en cada caso los factores de corrección descritos posteriormente.

#### Cables enterrados en zanja en el interior de tubos

Se consideran 4 cables unipolares (3 fases y neutro) en contacto mutuo enterrados en zanja en el interior de tubos a 0,7 m de profundidad (medido hasta la parte superior del tubo), una resistividad térmica del tubo de 3,5 K·m/W en un terreno de resistividad térmica media de 1 K·m/W a una temperatura del terreno a dicha profundidad de 25°C y con una temperatura del aire ambiente de 40°C. Se instalarán como máximo 4 cables unipolares (3 fases y neutro) por tubo. La relación entre el diámetro interior del tubo y el diámetro aparente del circuito será superior a 1,5.

Las intensidades máximas admisibles para los cables con aislamiento XLPE, son las que aparecen en la siguiente tabla:

Sección del conductor (mm <sup>2</sup> )	I <sub>máx</sub> (A)
50	125
95	191
150	253
240	336

Cables enterrados a diferentes profundidades

En la siguiente tabla se indican los factores de corrección que deben aplicarse para profundidades de instalación distintas de 0,7 m

Profundidad de instalación (m)	Cables directamente enterrados	Cables enterrados bajo tubo
0,60	1,02	1,01
0,70	1	1
0,80	0,99	0,99
1,00	0,97	0,97
1,20	0,95	0,96

– INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO ADMISIBLES EN LOS CONDUCTORES

Es la intensidad que no provoca ninguna disminución de las características de aislamiento de los conductores, incluso después de un número elevado de cortocircuitos. Dicha intensidad se calcula admitiendo que el calentamiento de los conductores se realiza en un sistema adiabático y para una temperatura máxima admitida por el aislamiento de 250 °C.

Las intensidades máximas de cortocircuito admisibles en los conductores se calcularán de acuerdo con la norma UNE 21192, según la expresión que se muestra a continuación, cuya aplicación se corresponden con cables de aluminio y aislamiento XLPE.

$$I_{cc}^2 \cdot t = K^2 \cdot S^2 \cdot \ln \left( \frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta} \right)$$

Donde:

$I_{cc}$  = Intensidad máxima de cortocircuito (valor eficaz) calculada en una hipótesis adiabática.

$t$  = Duración del cortocircuito en s.

$S$  = Sección nominal en mm<sup>2</sup>.

$\theta_f$  = 250 °C temperatura final.

$\theta_i$  = 90 °C temperatura inicial.

En la siguiente tabla, se indica las intensidades de cortocircuito admisibles en los cables seleccionados, para diferentes tiempos de duración del cortocircuito.

Sección (mm <sup>2</sup> )	Duración del cortocircuito (s)									
	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
<b>50</b>	14,9	10,6	8,6	6,7	6,1	4,7	3,9	3,3	3,0	2,7
<b>95</b>	28,4	20,1	16,4	12,7	11,6	9,0	7,3	6,3	5,7	5,2
<b>150</b>	44,8	31,7	25,8	20,0	18,3	14,2	11,6	10,0	9,0	8,2
<b>240</b>	71,7	50,7	41,4	32,1	29,3	22,7	18,5	16,0	14,3	13,1
<b>Densidad (A/mm<sup>2</sup>)</b>	294	203	170	132		93	76	66	59	54

#### Factor de Potencia

Pueden admitirse sin error importante los valores  $\cos\phi=0,8$  y  $\cos\phi=0,9$  que corresponde a un reparto normal de la energía para alumbrado y suministros industriales en zonas urbanas y rurales.

#### Caída de tensión

La sección de los conductores en las líneas subterráneas de Baja Tensión se determina en función de sus cualidades eléctricas. En general el cálculo se fundamentará en la caída de tensión que deberá ser inferior al 5%.

La caída de tensión por resistencia y reactancia de una línea viene dada por la fórmula:

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

Donde:

$\Delta U$  = Caída de tensión en voltios.

$I$  = Intensidad de la línea en amperios.

$R$  = Resistencia del conductor en  $\Omega/\text{km}$  (max. a 90°C)

$X$  = Reactancia inductiva en  $\Omega/\text{km}$

$L$  = Longitud de la línea en km

Teniendo en cuenta que:

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

$P$  = Potencia transportada en kilovatios.

$U$  = Tensión compuesta de la línea en kilovoltios.

La caída de tensión en tanto por ciento de la tensión compuesta será:

$$\Delta U \% = P \cdot \frac{L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot \operatorname{tg} \varphi)$$

– POTENCIA A TRANSPORTAR.

La potencia activa que puede transportar una línea vendrá limitada por la intensidad máxima determinada anteriormente y por el factor de potencia según la expresión:

$$P_{\max} = \sqrt{3} U I_{\max} \cos \varphi$$

Donde:

$P_{\max}$  = Potencia máxima de transporte.

U = Tensión compuesta en kV.

I = Intensidad máxima en A.

$\cos \varphi$  = Factor de potencia.

La potencia activa que puede transportar una línea para el caso particular de una línea de cables unipolares directamente enterrados a 0,7 m de profundidad en un terreno de resistividad térmica media de 1 K·m/W o 1,5 K·m/W, con una temperatura del terreno a dicha profundidad de 25°C muestra en las siguientes tablas:

	$\cos \varphi = 0,8$	$\cos \varphi = 0,9$	$\cos \varphi = 1$
<b>50</b>	87	98	109
<b>95</b>	131	147	164
<b>150</b>	170	191	213
<b>240</b>	222	250	278

Sección (mm <sup>2</sup> )	Potencia máxima (kW)		
	Terreno de resistividad térmica 1,5 K·m/W		
	$\cos \varphi = 0,8$	$\cos \varphi = 0,9$	$\cos \varphi = 1$
<b>50</b>	75	84	94
<b>95</b>	111	125	139
<b>150</b>	144	162	180
<b>240</b>	188	212	236

**RED DE BAJA TENSIÓN DEL CT "A"**

CALCULO DE CAIDA DE TENSION EN LINEA DE BAJA, RADIAL

DATOS DE LA DEMANDA (COSFI): COSFI = 0,9

TIPO CONDUCTOR: RV: SI

Temperatura de trabajo: 90 C°

XZ1-AL 0,6/1 kV tensión 400 V 20

SECCION 240 MM²	240
DATOS DEL CONDUCTOR:	R= 0,16 X= 0,079
IMPEDANCIA LONGITUDINAL (Ohmios/Km)	0,1784353
INTENSIDAD ADMISIBLE	336 A 296 A 209,51 kW
	Factor corrector por dos circuitos agrupados 0,88

CTA  
CIRCUITO 2

TRAMO	POTENCIA ACUMULAD A aplic. Coef. Simult.	ACOMETIDA A	POTENCIA PUNTUAL (KW)	INTENSID (A)	COEF. SIMULTA	INTENSID ADMISIBL	SECCION (mm2)	LONGITUD (M)	FUSIBLE (A)	CAIDA DE TENSION	
										LINEA	ACUMULA
L1	180	C2	90	288,68	1,00	336	240	50	400	4,01 1,00	4,01 1,00
L1	90	C1	90	144,34	1,00	336	240	50	400	2,01 0,50	6,02 1,51
100											

CTA  
CIRCUITO 2

TRAMO	POTENCIA ACUMULAD A aplic. Coef. Simult.	ACOMETIDA A	POTENCIA PUNTUAL (KW)	INTENSID (A)	COEF. SIMULTA	INTENSID ADMISIBL	SECCION (mm2)	LONGITUD (M)	FUSIBLE (A)	CAIDA DE TENSION	
										LINEA	ACUMULA
L2	180	F2	90	288,68	1,00	336	240	70	400	5,62 1,41	5,62 1,41
L2	90	F1	90	144,34	1,00	336	240	70	400	2,81 0,70	8,43 2,11
140											

CTA  
CIRCUITO 3

TRAMO	POTENCIA ACUMULAD A aplic. Coef. Simult.	ACOMETIDA A	POTENCIA PUNTUAL (KW)	INTENSID (A)	COEF. SIMULTA	INTENSID ADMISIBL	SECCION (mm2)	LONGITUD (M)	FUSIBLE (A)	CAIDA DE TENSION	
										LINEA	ACUMULA
L3	90	F3	90	144,34	1,00	336	240	30	400	1,20 0,30	1,20 0,30
30											

CTA  
CIRCUITO 4

TRAMO	POTENCIA ACUMULAD A aplic. Coef. Simult.	ACOMETIDA A	POTENCIA PUNTUAL (KW)	INTENSID (A)	COEF. SIMULTA	INTENSID ADMISIBL	SECCION (mm2)	LONGITUD (M)	FUSIBLE (A)	CAIDA DE TENSION	
										LINEA	ACUMULA
L4	144	C3	90	230,95	0,80	336	240	50	400	3,21 0,80	3,21 0,80
L4	72	C4	90	115,47	0,80	336	240	50	400	1,61 0,40	4,82 1,20
100											

LONGITUD DE CABLE 370

### RED DE BAJA TENSIÓN DEL CT B

CALCULO DE CAIDA DE TENSION EN LINEA DE BAJA, RADIAL

DATOS DE LA DEMANDA (COSFI): COSFI = 0,9

TIPO CONDUCTOR: RV: SI

Temperatura de trabajo: 90 C°

XZ1-AL 0,6/1 kV tensión 400 V

SECCION 240 MM <sup>2</sup>	240
DATOS DEL CONDUCTOR:	R= 0,16
	X= 0,079
IMPEDANCIA LONGITUDINAL (Ohmios/Km)	0,1982614
INTENSIDAD ADMISIBLE	336 A 209,51 kW

CTB  
CIRCUITO 1

TRAMO	POTENCIA ACUMULADA (KW)	ACOMETIDA A	POTENCIA PUNTUAL (KW)	INTENSID (A)	COEF. SIMULTA.	INTENSID ADMISIBL	SECCION (mm2)	LONGITUD (M)	FUSIBLE (A)	CAIDA DE TENSION		
										LINEA	ACUMULA	
L1	144	C5	90	230,95	0,80	336	240	50	400	3,57 0,89	3,57 0,89	V %
L1	72	C6	90	115,47	0,80	336	240	50	400	1,78 0,45	5,35 1,34	V %
100												

CTB  
CIRCUITO 2

TRAMO	POTENCIA ACUMULAD A aplic. Coef. Simult.	ACOMETIDA A	POTENCIA PUNTUAL (KW)	INTENSID (A)	COEF. SIMULTA.	INTENSID ADMISIBL	SECCION (mm2)	LONGITUD (M)	FUSIBLE (A)	CAIDA DE TENSION		
										LINEA	ACUMULA	
L2	90	F7	90	144,34	1,00	336	240	30	400	1,34 0,33	1,34 0,33	V %
30												

CTB  
CIRCUITO 3

TRAMO	POTENCIA ACUMULAD A aplic. Coef. Simult.	ACOMETIDA A	POTENCIA PUNTUAL (KW)	INTENSID (A)	COEF. SIMULTA.	INTENSID ADMISIBL	SECCION (mm2)	LONGITUD (M)	FUSIBLE (A)	CAIDA DE TENSION		
										LINEA	ACUMULA	
L3	151,2	C7	90	242,49	0,80	336	240	10	400	0,75 0,19	0,75 0,19	V %
L3	72	C8	90	115,47	0,80	336	240	200	400	7,14 1,78	7,89 1,97	V %
L3	7,2	CM	9	11,55	0,80	336	240	80	400	0,29 0,07	8,17 2,04	V %
290												

LONGITUD DE CABLE 420