

# RED ELÉCTRICA DE MEDIA TENSIÓN

## MEMORIA

### 1.- Objeto del anejo

El presente anejo tiene por objeto describir y especificar las características técnicas y de seguridad y las condiciones legales de las obras de las instalaciones eléctricas en Media Tensión a realizar en la urbanización de la unidad de ejecución UE-2 del término municipal de Benlloch (Castellón).

Este anejo es complementario del resto de anejos del proyecto correspondientes a otros capítulos e instalaciones.

### 2.- Normas de la compañía suministradora, ministerio de industria y otras disposiciones oficiales

En el presente proyecto se recogen las características de los materiales, condiciones de ejecución, cálculos justificativos, etc,..., de la instalación de Media Tensión, a realizar en la Urbanización Vall d'Alba en Benlloch, dando cumplimiento a las siguientes disposiciones:

- Reglamento Electrotécnico para Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión; Decreto 842 de 2 de agosto de 2002 e Instrucciones Complementarias del mismo.
- Real Decreto 3.275/1.982 de 12 de Noviembre por el que se aprueban el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas y Centros de Transformación, así como las Instrucciones Técnicas Complementarias de dicho Reglamento, aprobadas por Orden del Ministerio de Industria y Energía de 6 de Julio de 1.984.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.
- Normas y Prescripciones Técnico-prácticas de la Compañía distribuidora.
- Orden de 20 de Diciembre de 1.991 de la Generalitat Valenciana, Norma Técnica para Instalaciones de Media y Baja Tensión (DOGV nº 1.760 de 7/4/92).
- Resolución de 12 de Mayo de 1.994 de la Dirección General de Industria y Energía por la que se aprueban los proyectos tipo de las instalaciones de distribución y las normas de ejecución y recepción técnica de las instalaciones.

### 3.- Desvío líneas de media tensión

Actualmente la Unidad de ejecución UE-2 del Vall d'Alba en Benlloch, está cruzada por un doble circuito aéreo de media tensión, correspondiente a las líneas aéreas STR Adzaneta L/La Barona 410401 y STR Torreblanca L/Cabanés 404310.

Este doble circuito se va a desviar a su paso por la unidad de actuación UE-2 del Plan General de Ordenación Urbana del ayuntamiento de Benlloch, con el fin de eliminar afecciones y urbanizar dicha unidad de ejecución.

Este proyecto ya ha sido realizado y se corresponde con el proyecto N° CS-218/07 legalizado por la compañía distribuidora, por lo que para el proyecto de urbanización que nos ocupa, se ha considerado como situación de partida para la urbanización, las líneas desviadas y enterradas.

## 4.- Línea subterránea de media tensión

### 4.1.- Tensión nominal

Corriente:	Alterna trifásica
Frecuencia:	50 Hz.
Tensión compuesta:	20 kV.
Factor de potencia:	0,8

### 4.2.- Longitud

Se tenderán dos líneas (1 de entrada y 1 de salida) al CT-1 de la actuación , la longitud total del circuito trifásico a tender es:

- 245 + 245 metros

La longitud de la canalización es de 239 metros bajo acera y 6 m. bajo calzada.

### 4.3.- Número de conductores y sección de conductores

Al tratarse de un circuito de conducción trifásica se tienden un total de 3 conductores (uno por fase).

El conductor a emplear para la canalización subterránea, será de aislamiento seco de 240 mm<sup>2</sup> de Al, 12/20 KV HEPRZ-1.

### 4.4.- Punto de entronque

La alimentación de energía eléctrica en media tensión para el suministro del Centro de Transformación CT-1 del la urbanización Vall d'Alba en Benlloch vendrá desde los empalmes a realizar en la LSMT L/Cabanes de la ST Torreblanca.

### 4.5.- Potencia

La capacidad máxima de transporte de energía es de de 14 MVA para el tendido subterráneo, limitación dada para obtener una caída de tensión admisible, desde el inicio hasta el final de la red de M.T. con la que está conectada esta línea, así como para que la intensidad máxima admisible por el cable, no se vea superada.

### 4.6.- Conductores

#### Subterráneo

El conductor eléctrico a emplear será según norma IEC 60502-2, HEPRZ1-AL-240 mm<sup>2</sup> de las siguientes características:

Sección:	240 mm <sup>2</sup>
Material conductor:	Aluminio
Aislamiento:	ETILENO PROPILENO
Cubierta exterior:	Vemex
Pantalla:	Hilos de Cu de 16 mm <sup>2</sup> de sección contraespira Cu.

Intensidad admisible:	435 A
Intensidad de cc. admis. durante 1 s.:	22,5 kA
Resistencia:	0.169 Ohms/km
Reactancia fase:	0.105 Ohms/km
Diam. Exterior:	36,5 mm
Peso aproximado:	1,670 kg/m
Radio mín. curvatura:	600 mm
Denominación UNE	HEPRZ1 1x240 mm <sup>2</sup> AL 12/20KV
Denominación Pirelli	AL EPROTENAX 240AL

La línea está constituida por 3 cables dispuestos en mazo, para cada circuito trifásico.

#### 4.7.- Zanjas y sistemas de enterramientos

##### Zanjas

Se distinguen los siguientes tramos o tipos de zanjas.

- Zanja tipo A. Correspondiente a tramos en los que la línea discurre por debajo de acera o por el jardín y no cabe esperar cruzamientos futuros. Las dimensiones de la zanja serán 0,6 metros de ancho por 1.3 metros de profundidad, donde los cables irán directamente enterrados. La separación entre los conductores será de 0,20 metros como mínimo.
- Zanja tipo B. Corresponde a tramos en los que la línea discurre bajo calzada y no cabe esperar cruzamientos futuros. Las dimensiones de la zanja serán 0,6 metros de ancho por 1,3 metros de profundo en el caso de dos ternos o 1,5 metros hasta 5 ternos. Los cables irán bajo tubo de protección de PVC de Ø 150 mm. con prisma de hormigón de 150 kgs.

La excavación en estos tramos se realizará de forma manual hasta 1 metro de profundidad. La excavación alrededor de cables, tuberías o cualquier otro conductor u obstáculo que atraviese la zanja se realizará de forma manual hasta la profundidad definitiva, extendiéndose 3 metros a cada lado del cable o conducción obstáculo detectado.

En los puntos donde no existen cables o conductos que atraviesen la zanja, se autorizará la excavación con máquina desde 1 metro de profundidad hasta alcanzar la profundidad definitiva.

No se permitirá la excavación a máquina en aquellos lugares donde la presencia de cables o conductos paralelos a la zanja estén a la vista o situados a menos de 1 metro de distancia del borde de la zanja que se está ejecutando.

En general y de acuerdo con las condiciones del terreno, meteorológicas, tráfico, etc. la zanja deberá ser entibada si se pueden producir desplomes o derrumbamientos del terreno, de forma que se mantengan las condiciones de seguridad necesarias para las personas e instalaciones afectadas.

##### Relleno de cables y señalización interior de la zanja

El trazado de las zanjas se realizará lo más rectilíneo posible, y paralelo a los bordillos o fachadas de los edificios.

El radio de curvas será como mínimo de 1 m. La zanja tendrá 0.6 m de anchura y 1.3 m de profundidad mínimo. En el lecho de la zanja irá una capa de arena, de las características aceptadas por I.D., de 10 cm de espesor, sobre la que se situará el cable. Por encima de éste irá otra capa de arena de 15 cm, ocupando ambas capas la anchura total de la zanja.

Encima de la segunda capa de arena se colocará una placa de PVC normalizada por la compañía suministradora.

A 0.5 m sobre el fondo de la zanja se colocará a lo largo de la canalización una cinta de cloruro de polivinilo, denominada "atención a la existencia de cable" y normalizada por ID. La cinta se colocará a lo largo de la canalización, utilizándose una tira por cada cable tripolar o terno de cables unipolares.

El tapado de la zanja se hará por capas sucesivas de 10 cm de espesor, apisonando los 20 primeros cm, por encima de las protecciones de ladrillo, de forma manual y el resto de las capas por medios mecánicos.

Los cruces se ejecutarán rectos y perpendiculares a la dirección de la calzada, sobresaliendo hacia el interior de la acera 20 cm. desde el bordillo y prolongándose 1 m de zanja en acera sin entubar.

Los tubos a utilizar son de PVC, de 15 cm. de diámetro, recibido con cemento y hormigonados en toda su longitud.

Previamente a la colocación de los tubos, separados 4 cm. entre sí, se echará una solera de hormigón, bien nivelada, de 10 cm. de espesor. Posteriormente se hormigonará hasta cubrirlos enteramente y con 10 cm. por encima de ellos.

La reposición de pavimentos se realizará de tal modo que reunirá las mismas características de tipo de loseta en aceras, asfalto en calzadas y resistencia y espesor de la losa de hormigón, siendo este último, como mínimo, el reflejado en los planos correspondientes.

En el tramo de zanja en que coinciden los circuitos de M.T. y B.T., dada uno de ellos se situará a su profundidad reglamentaria, llevando su correspondiente protección de arena y ladrillo.

Se procurará que los cables de B.T. se sitúen en el lado de la zanja más próximo a los edificios y, en consecuencia, los de M.T. en el lado más alejado, guardando una distancia entre las protecciones verticales de los ejes de ambas bandas, superior a 0.2m.

Los detalles de canalizaciones, tanto en aceras como cruces en calzadas, se reflejan en los planos adjuntos.

### **Tendido de la línea y cruces**

Los cables se tenderán sobre rodillos que puedan girar libremente. El tendido se realizará con cabrestante, tirando del extremo del cable en donde se adaptará una cabeza o camisa adecuada. El esfuerzo máximo no superará 2.5 kg /mm<sup>2</sup>, comprobándose la tracción con un dinamómetro durante todo el proceso de instalación.

El radio de curvatura del cable será 20 veces su diámetro durante la operación de tendido y, una vez instalado el indicado en las características del conductor.

### **4.8.- Medidas de señalización de seguridad**

Durante la ejecución de la zanja ésta permanecerá correctamente señalizada y protegida de día y de noche, para permitir el tráfico de peatones y vehículos de forma segura.

Encima de la segunda capa de arena se colocará una placa de PVC normalizada por la compañía suministradora, de anchura 1 pie (25 cm) cuando se trata de proteger un conductor tripolar o terno de conductores unipolares. La anchura se incrementará en medio pie por cada línea instalada.

A 0.5 m sobre el fondo de la zanja se colocará a lo largo de la canalización una cinta de cloruro de polivinilo, denominada "atención a la existencia de cable" y normalizada por ID.. La cinta se colocará a lo largo de la canalización, utilizándose una tira por cada cable tripolar o terno de cables unipolares.

Se instalarán planchas anti-escalo en todos los apoyos a instalar así como el símbolo de "Peligro, Alta Tensión".

### **4.9.- Protecciones eléctricas**

#### **Línea subterránea**

En el extremo de las líneas subterráneas existirá un dispositivo de puesta a tierra de los conductores, para situaciones de reparación de averías o trabajos especiales, con el fin de evitar posibles accidentes originados por existencia de cargas de capacidad. Este dispositivo será un seccionador de puesta a tierra.

Dicho seccionador tendrá mando independiente por manivela e irá enclavado mecánicamente con el mando del seccionador de línea.

Por otro lado las pantallas de los cables estarán puestas a tierra, en la tierra de protección del Centro de Transformación.

## CÁLCULOS

### 1.- Parámetros de la línea

Los parámetros de la línea a considerar por unidad de longitud son:

Resistencia a 20 ° C:

$$R_{20^{\circ}\text{C}} = L / (c \times S) = 490 / (35 \times 240) = 0,0583 \Omega$$

Siendo,

L : longitud en m.

c : Conductividad en Sxm/mm<sup>2</sup>

S : sección del conductor en mm<sup>2</sup>

Con objeto de considerar la resistencia que presenta la línea a la temperatura de servicio y en cortocircuito, se tendrá:

$$R = R_{20} \times (1 + a\Delta T)$$

Donde,

a : coeficiente de temperatura de la resistencia

$\Delta T$  : incremento de temperatura entre 20°C y la temperatura considerada

La resistencia en servicio:

$$R_{90} = 0,0583 (1 + 0,004 \times 70) = 0,0746 \Omega$$

En cortocircuito:

$$R_{160} = 0,0583 (1 + 0,004 \times 140) = 0,0909 \Omega$$

La reactancia de la línea será:

$$X = L \times 0,07 = 0,490 \times 0,07 = 0,0343 \Omega$$

### 2.- Cálculo de la intensidad

#### Línea subterránea

La corriente que circulará por la línea viene dada por la expresión:

$$I = S / (1,73 \times U)$$

Donde

I : intensidad en A

S Potencia aparente en KVA (14.000 KVA LSMT)

U Tensión de línea en KV (20 KV)

Así se obtiene:

$$I = 14.000 / (1,73 \times 20) = 405 \text{ A}$$

### 3.- Cálculo de las corrientes de cortocircuito trifásico en la red de 20 KV

Para los cálculos de las intensidades de cortocircuito en la red de 20 KV se determina una potencia de cortocircuito de 350 MVA, dato proporcionado por la empresa suministradora.

Para la realización del cálculo de la corriente de cortocircuito, se emplearán las expresiones:

$$I''_{3p} = MVA / (1.73 \times V_p)$$

Siendo;

MVA : Potencia de cortocircuito de la red

V<sub>p</sub> : Tensión primaria en kV

I''<sub>3p</sub> : Intensidad inicial simétrica de cortocircuito

$$I''_{3p} = 350 / (1.73 \times 20) = 10.1 \text{ kA}$$

La intensidad inicial asimétrica de cortocircuito será:

$$I_{m\acute{a}x} = 1,41 \times \sqrt{3} \times I''_{3p} = 2,5 \times 10,1 = 25,25 \text{ kA}$$

### 4.- Cálculo de la corriente de cortocircuito fase – tierra

Para la determinación de la corriente de defecto, se hace imprescindible, el análisis del cortocircuito monofásico fase tierra, introduciendo en el cálculo las características de todos los elementos de la red existente.

#### 4.1.- Datos característicos de los diferentes elementos de la Red

Acometida a 20 kV con una potencia de cortocircuito de 350 MVA.  
Tramo de línea eléctrica subterránea de 240 mm<sup>2</sup> de Al

#### 4.2.- Impedancias, Directa, Inversa y Homopolar, de los diferentes elementos

##### Red

Directa: Z<sub>r1</sub> = 1.14 j ohms

Inversa: Z<sub>r2</sub> = 1.14 j ohms

Homopolar: Z<sub>ro</sub> = 75 j ohms

##### Cable

Directa: Z<sub>c1</sub> = (R+Xj) x L = 0,0909 + 0,0343 j

Inversa: Z<sub>c2</sub> = Z<sub>c1</sub>

Homopolar: Z<sub>co</sub> = Z<sub>c1</sub> + 3Rn

Siendo Rn la resistencia de la pantalla del cable.

#### 4.3.- Impedancias características del sistema

Impedancia Directa :  $Z_1 = Z_{r1} + Z_{c1} = 1,2309 j$   
Impedancia Inversa :  $Z_2 = Z_1 = 1,1743 j$   
Impedancia homopolar :  $Z_o = Z_o = 75 j$  ohms

#### 4.4.- Corriente inicial de cortocircuito Fase-Tierra

$$I''_{1p} = 1,73 \times 1,1xU / ( Z_1 + Z_2 + Z_o ) = 1,73x1,1x20.000 / 77,405 = 492 A$$

### 5.- Comprobación por densidad de corriente

La corriente máxima que en condiciones normales circula por el conductor aislado, según el apartado 1 es de 405 A, siendo la intensidad máxima admisible para el cable de 435 A.

### 6.- Comprobación del cable por caída de tensión

#### Línea subterránea

La caída de tensión por resistencia y reactancia de una línea (despreciando la influencia de la capacidad) viene dada por la expresión:

$$\Delta U = 1.73 \times I \times ( R \cos \varphi + X \sin \varphi )$$

Donde:

$\Delta U$  : Caída de tensión compuesta en V  
 $I$  : Intensidad de la línea en A  $\rightarrow 405 A$   
 $X$  : Reactancia por fase en  $\Omega \rightarrow 0,0746 \Omega$   
 $R$  : Resistencia por fase en  $\Omega \rightarrow 0,0909 \Omega$   
 $\varphi$  : Ángulo de fase  $\rightarrow \cos \varphi = 0,8$

Sustituyendo estos valores obtenemos:

$$\Delta U = 82,31 V$$

Lo que supone una caída de tensión de 0,41 %, que es inferior al 5% y por lo tanto admisible.

### 7.- Comprobación del cable por pérdidas de potencia

#### Línea subterránea

Las pérdidas de potencia por Efecto Joule en una línea vienen dadas por la fórmula:

$$\Delta P = 3 R I^2$$

Donde:  
 $\Delta P$  : pérdida de potencia en W  
 $R$  : Resistencia del conductor en  $\Omega/km$   
 $I$  : Intensidad de la línea en A

En este caso se tendrá por circuito:

$$\Delta P = 36,7 W$$

## 8.- Comprobación del cable por cortocircuito

Durante un cortocircuito, se produce una elevación muy rápida de la temperatura del conductor y consiguientemente del aislamiento, que pudiera resultar dañado. Admitiendo que el proceso térmico es adiabático, o sea que no existe transmisión de calor hacia el exterior, la energía que recibe el conductor, durante el tiempo que dura el cortocircuito es:

$$E = P \times t = R \times I^2 \times t$$

Puesto que todo este calor se invierte en incrementar la temperatura del conductor, este incremento será:

$$\Delta T = E / (m \times Cp)$$

Sustituyendo ambas ecuaciones, se puede llegar a la expresión:

$$I = K \times S / \sqrt{t}$$

siendo

$$K = \sqrt{(d \times Cp \times c \times \Delta T)}$$

I : Intensidad inicial de cortocircuito que es capaz de soportar el cable en A

S : Sección del conductor en mm<sup>2</sup>

t : Tiempo que dura el cortocircuito en segundos

d : densidad del conductor

Cp : calor específico del conductor

c : conductividad

$\Delta T$  : Incremento de temperatura que sufre el conductor

Se tendrán los siguientes valores, en funciones del material conductor

	<b>d (kg/dm<sup>3</sup>)</b>	<b>Cp (Ws/g K)</b>	<b>C siem m/mm<sup>2</sup></b>
Cu	8.9	0.393	56
Al	2.7	0.92	35

Se considerará que el conductor parte de la temperatura correspondiente al régimen nominal de carga, y durante el transcurso del cortocircuito alcanza la temperatura límite admisible para el aislamiento. La tabla siguiente resume estos datos:

<b> AISLAMIENTO </b>	<b> TEMPERATURA DE SERVICIO </b>	<b> TEMPERATURA LIMITE </b>
PVC	80	160
EPR/PR	90	250

Con todo ello se llega a la siguiente tabla resumen:

AISLAMIENTO	CONDUCTOR	K
Polietileno Reticulado	Cu	160
	Al	90
Polipropileno	Cu	160
	Al	90
PVC	Cu	115
	Al	75

En el presente proyecto, por tratarse de un conductor tipo HEPRZ-1 con aislamiento de Polietileno reticulado y sección de 240 mm<sup>2</sup> Al, resulta un valor de K = 90.

Por las características de las protecciones, el tiempo de disparo es de 0.4 seg., resultando que la corriente admisible por el cable durante este tiempo es de:

$$I = 34,15 \text{ kA}$$

Valor superior a la corriente de cortocircuito trifásico existente.

## 9.- Comprobación de la pantalla del cable por cortocircuito fase-tierra

El cable dispone de una pantalla metálica de 16 mm<sup>2</sup> de sección de Cu, y que será por tanto capaz de soportar una intensidad de cortocircuito de:

$$I = K \cdot \frac{S}{\sqrt{t}} = 160 \cdot \frac{16}{\sqrt{0,4}} = 4.047 \text{ A}$$

Corriente superior a la indicada en el apartado 4.4.

Gandía a Julio de 2008  
 Por E. A. Estudio de Arquitectura S. L.  
 El Arquitecto.



José Tomás Pastor Puig.