

# Proyecto Fin de Grado

## Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

### Proyecto de Electrificación MT-BT de un polígono industrial en el término municipal de Aracena (Huelva)

Autor: Rafael Morán Corbacho

Tutor: Pedro Luis Cruz Romero

**Dep. de Ingeniería Eléctrica**  
**Escuela Técnica Superior de Ingeniería**  
**Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2017





Proyecto Fin de Grado  
Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

**Proyecto de Electrificación MT-BT de un polígono  
industrial en el término municipal de Aracena  
(Huelva)**

Autor:

Rafael Morán Corbacho

Tutor:

Pedro Luis Cruz Romero

Profesor titular

Dep. de Ingeniería Eléctrica  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla  
Sevilla, 2017



Proyecto Fin de Carrera: Proyecto de Electrificación MT-BT de un polígono industrial en el término municipal de Aracena (Huelva)

Autor: Rafael Morán Corbacho

Tutor: Pedro Luis Cruz Romero

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2017

El Secretario del Tribunal



# Agradecimientos

---

Llegados a este punto, me gustaría mostrar mi agradecimiento a todas aquellas personas que han estado presentes a lo largo de mi formación en la escuela, formando parte indispensable de ella.

En primer lugar, querría agradecer a mi tutor Pedro Luis Cruz Romero por el tiempo y esfuerzo dedicado en la supervisión del presente proyecto. Me gustaría de igual modo mostrar mi gratitud al resto del profesorado del departamento de eléctrica por su trabajo y dedicación en este campo, haciendo del mismo mi vocación.

No olvidarme tampoco de mis amigos y compañeros que me han acompañado a lo largo de mi paso por la escuela, los cuales han sido pieza fundamental en mi formación y a los que debo en buena parte el estar hoy aquí.

Me gustaría terminar agradeciendo a mi familia, y en especial a mis padres, por toda la ayuda y el apoyo mostrados a lo largo no solo de mi estancia en la escuela, sino durante todo mi desarrollo como persona más allá de lo académico.

*Rafael Morán Corbacho*

*Sevilla, 2017*



# ÍNDICE

Agradecimientos .....	vii
Índice .....	ix
Índice de Tablas .....	xiii
Índice de Ilustraciones .....	xv
<b>1 Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Reglamentación Aplicada .....</b>	<b>3</b>
<b>3 Memoria Descriptiva .....</b>	<b>5</b>
3.1 <i>Previsión de potencias</i> .....	5
3.2 <i>Red de media tensión</i> .....	5
3.2.1 Conductores .....	6
3.2.2 Canalizaciones .....	6
3.2.3 Entronque aéreo-subterráneo .....	6
3.3 <i>Centros de transformación</i> .....	7
3.3.1 Transformadores .....	8
3.3.2 Aparamenta de alta tensión .....	10
3.3.3 Puente de baja tensión .....	11
3.3.4 Cuadro de baja tensión .....	11
3.3.5 Red de puesta a tierra .....	12
3.4 <i>Red de baja tensión</i> .....	12
3.4.1 Conductores .....	12
3.4.2 Canalizaciones .....	13
3.4.3 Arquetas de registro .....	13
3.4.4 Cajas de seccionamiento .....	13
3.4.5 Cajas generales de protección .....	14
3.4.6 Protecciones .....	14
3.4.7 Empalmes, terminals y derivaciones .....	15
3.4.8 Continuidad del neutro .....	15
3.4.9 Puesta a tierra del neutro .....	15
3.5 <i>Red de alumbrado público</i> .....	15
3.5.1 Conductores .....	16
3.5.2 Canalizaciones .....	16
3.5.3 Cajas y cuadros de mando .....	16
3.5.4 Luminarias .....	16
3.5.5 Puestas a tierra .....	17
<b>4 Memoria de Cálculo .....</b>	<b>19</b>
4.1 <i>Red de media tensión</i> .....	19
4.1.1 Criterio térmico .....	19
4.1.2 Criterio de cortocircuito .....	20
4.1.3 Criterio de cortocircuito fase-pantalla .....	21
4.2 <i>Centros de transformación</i> .....	21
4.2.1 Interruptor-seccionador .....	22
4.2.2 Sistema de ventilación .....	24
4.2.3 Red de puesta a tierra .....	25
4.3 <i>Red de baja tensión</i> .....	27
4.3.1 Criterio térmico .....	27

4.3.2	Criterio de caída de tensión.....	30
4.3.3	Criterio económico.....	34
4.3.4	Protecciones .....	38
4.4	<i>Red de alumbrado público</i> .....	45
4.4.1	Cálculos luminotécnicos .....	45
4.4.2	Cálculos eléctricos .....	46
<b>5</b>	<b>Planos</b> .....	<b>55</b>
5.1	<i>Emplazamiento</i> .....	55
5.2	<i>Red de media tensión</i> .....	57
5.3	<i>Red de baja tensión</i> .....	59
5.4	<i>Red de alumbrado</i> .....	61
<b>6</b>	<b>Pliego de Condiciones</b> .....	<b>63</b>
6.1	<i>Condiciones generales</i> .....	63
6.1.1	Objeto del documento.....	63
6.1.2	Alcance .....	63
6.1.3	Reglamentos, Instrucciones, Normas, Recomendaciones y Pliego de Condiciones Técnicas Generales.....	63
6.1.4	Normas de la Empresa Suministradora de Energía .....	64
6.1.5	Cláusulas administrativas.....	64
6.1.6	Subcontratación de obras.....	64
6.1.7	Conservación y reparación de las obras .....	64
6.2	<i>Descripción de las obras</i> .....	65
6.2.1	Obras que comprende .....	65
6.2.2	Obras civiles .....	65
6.3	<i>Relaciones entre la Promotora y el Contratista</i> .....	65
6.3.1	Dirección de las obras .....	65
6.3.2	Funciones del Director .....	66
6.3.3	Facilidades a la Dirección .....	66
6.3.4	Inspección de las Obras .....	66
6.3.5	Contratista y su personal de Obra.....	66
6.3.6	Oficina de Obra del Contratista.....	67
6.3.7	Libro de Órdenes .....	67
6.3.8	Órdenes al Contratista .....	68
6.3.9	Obligaciones Generales del Contratista.....	68
6.4	<i>Obligaciones sociales, laborales y económicas</i> .....	69
6.4.1	Contratación de personal .....	69
6.4.2	Obligaciones sociales y laborales del Contratista .....	69
6.4.3	Seguridad e Higiene .....	70
6.4.4	Objetos hallados en las Obras .....	70
6.4.5	Servidumbres y Permisos.....	70
6.4.6	Documentación fotográfica.....	71
6.4.7	Carteles de Obra.....	71
6.5	<i>Documentación técnica</i> .....	71
6.5.1	Planos a suministrar por la Sociedad Promotora.....	71
6.5.2	Planos a suministrar por el Contratista.....	72
6.5.3	Contradicciones, omisiones y errores.....	72
6.5.4	Carácter contractual de la Documentación.....	72
6.6	<i>Comienzo de las obras</i> .....	73
6.6.1	Conocimiento del emplazamiento de las obras.....	73
6.6.2	Comprobación del Replanteo.....	73
6.6.3	Programa de trabajo .....	74
6.7	<i>Desarrollo y control de las obras</i> .....	74

6.7.1	Replanteos .....	75
6.7.2	Acceso a las obras.....	75
6.7.3	Instalaciones auxiliares de obra y obras auxiliares.....	75
6.7.4	Materiales .....	76
6.7.5	Ensayos y recepción de materiales .....	77
6.7.6	Almacenamiento de los materiales.....	77
6.7.7	Materiales defectuosos.....	77
6.7.8	Acopio de materiales.....	78
6.7.9	Control de calidad.....	78
6.7.10	Conservación durante la ejecución de las obras .....	79
6.8	<i>Abono de la obra ejecutada.....</i>	79
6.8.1	Medición de la obra ejecutada .....	79
6.8.2	Precios unitarios de contrato.....	79
6.8.3	Obras construidas en exceso .....	80
6.8.4	Obras ejecutadas en defecto .....	80
6.9	<i>Recepción y liquidación .....</i>	80
6.9.1	Recepción de las obras.....	80
6.9.2	Medición general.....	81
6.9.3	Liquidación de las obras .....	81
6.10	<i>Condiciones que deben cumplir los materiales.....</i>	81
6.10.1	Cementos .....	81
6.10.2	Ladrillos.....	82
6.10.3	Áridos para hormigones.....	83
6.11	<i>Ejecución y ensayos durante la marcha de los tramos .....</i>	83
6.11.1	Zanjas para líneas de alta y baja tensión.....	83
6.11.2	Tendido de la red de alta tensión.....	83
6.11.3	Instalación eléctrica en los centros de transformación .....	84
6.11.4	Red de distribución en baja tensión .....	85
6.11.5	Alumbrado público .....	85
6.12	<i>Pruebas para las recepciones.....</i>	86
6.12.1	Reconocimiento de las Obras .....	86
6.12.2	Ensayos de la red de alta tensión .....	86
6.12.3	Ensayos de las instalaciones eléctricas de los centros de transformación.....	87
6.12.4	Ensayo de las redes de baja tensión.....	87
6.12.5	Ensayo de las redes e instalaciones de alumbrado público .....	87
6.12.6	Medida de los parámetros de iluminación.....	88
6.13	<i>Medición y abono de las obras.....</i>	88
6.13.1	Generalidades .....	88
6.13.2	Medición y abono de la excavación .....	88
6.13.3	Medición y abono del relleno .....	89
6.13.4	Medición y abono de la red de alta tensión .....	89
6.13.5	Herrajes .....	89
6.13.6	Aparatos .....	89
6.13.7	Medición y abono de la red de baja tensión .....	89
6.13.8	Medición y abono de la red de alumbrado público .....	90
<b>7</b>	<b>Mediciones y Presupuesto .....</b>	<b>91</b>
7.1	<i>Red de media tensión .....</i>	91
7.1.1	Obra civil.....	91
7.1.2	Montaje eléctrico.....	95
7.2	<i>Centros de transformación .....</i>	96
7.2.1	Obra civil.....	96
7.2.2	Montaje eléctrico.....	97

7.3	<i>Red de baja tensión</i> .....	103
7.3.1	Obra civil .....	103
7.3.2	Montaje eléctrico .....	111
7.4	<i>Red de alumbrado</i> .....	112
7.4.1	Obra civil .....	112
7.4.2	Montaje eléctrico .....	117
7.5	<i>Total presupuesto del proyecto</i> .....	118

# ÍNDICE DE TABLAS

---

<b>Tabla 1</b> CTs modelo y dimensiones	7
<b>Tabla 2</b> CTs puente de baja tensión	11
<b>Tabla 3</b> Criterio térmico MT: factores de corrección	20
<b>Tabla 4</b> Criterio térmico MT: intensidad máxima admisible	20
<b>Tabla 5</b> Criterio de cortocircuito MT: intensidades de cortocircuito máximas admisibles	21
<b>Tabla 6</b> Intensidad de diseño para interruptor-seccionador CT	22
<b>Tabla 7</b> Impedancias de los tramos de la red de MT	23
<b>Tabla 8</b> Intensidades de cortocircuito máximas e intensidad asignada para cada dispositivo de protección CT	24
<b>Tabla 9</b> Sistema de ventilación	25
<b>Tabla 10</b> Criterio térmico BT: intensidades de diseño	28
<b>Tabla 11</b> Criterio térmico BT: factores de corrección	28
<b>Tabla 12</b> Criterio térmico BT: factores de corrección por agrupación	29
<b>Tabla 13</b> Criterio térmico BT: intensidades máximas admisibles	29
<b>Tabla 14</b> Criterio térmico BT: secciones escogidas	30
<b>Tabla 15</b> Criterio de caída BT: Tramos (1)	32
<b>Tabla 16</b> Criterio de caída BT: Tramos (2)	33
<b>Tabla 17</b> Criterio de caída BT: caídas de tensión	34
<b>Tabla 18</b> Criterio económico BT: precios	35
<b>Tabla 19</b> Criterio económico BT: incremento de inversión	35
<b>Tabla 20</b> Criterio económico BT: resistencias	37
<b>Tabla 21</b> Criterio económico BT: VAN	38
<b>Tabla 22</b> Criterio económico BT: modificación de circuitos	38
<b>Tabla 23</b> Protecciones BT: Calibre de los fusibles	39
<b>Tabla 24</b> Protecciones BT: impedancia de los cables de la red de BT	43
<b>Tabla 25</b> Protecciones BT: intensidades de cortocircuito mínimas	44
<b>Tabla 26</b> Protecciones BT: tiempos admisibles	45
<b>Tabla 27</b> Criterio térmico alumbrado: intensidades de diseño	47
<b>Tabla 28</b> Criterio térmico alumbrado: factores de corrección	47
<b>Tabla 29</b> Criterio térmico alumbrado: secciones escogidas	48
<b>Tabla 30</b> Criterio de caída alumbrado: tramos (1)	49
<b>Tabla 31</b> Criterio de caída alumbrado: tramos (2)	50
<b>Tabla 32</b> Criterio de caída alumbrado: tramos (3)	51
<b>Tabla 33</b> Criterio de caída alumbrado: caídas de tensión	52
<b>Tabla 34</b> Protecciones alumbrado: calibre de los fusibles	53

<b>Tabla 35</b> Protecciones alumbrado: impedancias de la red de alumbrado	54
<b>Tabla 36</b> Protecciones alumbrado: intensidades de cortocircuito mínimas	54

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

---

**Figura 1** Esquema eléctrico de las cajas de seccionamiento

14



# 1 INTRODUCCIÓN

---

El presente proyecto tiene por objeto el diseño de la infraestructura eléctrica de un polígono industrial situado en el término municipal de Aracena. Este diseño abarcará los siguientes puntos:

- Diseño de la Red de Media Tensión, desde un entronque aéreo-subterráneo situado en un punto cercano a los límites del polígono hasta su acometida en los distintos centros de transformación proyectados.

- Estudio de los Centros de Transformación. Este punto comprende la descripción y el cálculo de los elementos que componen un centro de transformación: Celdas de alta tensión, transformadores, cuadro de baja tensión, aparamenta y conexiones del mismo. Se proyectarán un total de cuatro centros, dos de los cuales serán de compañía y otros dos de abonado, señalándose las diferencias de diseño y cálculo entre ambos tipos a lo largo del documento.

- Diseño de la Red de Baja tensión, desde la salida de los distintos circuitos de los centros de transformación hasta la caja general de protección de las parcelas a alimentar. Se proyectará igualmente la Red de Alumbrado Público, realizándose previamente los cálculos luminotécnicos necesarios para el diseño de la misma.

Como punto de partida se toma la propuesta del Ayuntamiento para el uso de las distintas parcelas que componen el polígono, así como la distribución por zonas de las mismas a lo largo de éste.

Así, las parcelas del polígono se destinarán a los siguientes usos:

- 80 parcelas de uso comercial, oficinas y talleres.
- Hospital
- Centro Comercial
- Tanatorio
- Concesionario

El resto del espacio disponible se destinará a viales y un parque situado frente al hospital.



## 2 REGLAMENTACIÓN APLICADA

---

A continuación se expone de manera resumida una relación de las normas empleadas a lo largo de la realización del presente proyecto:

- Reglamento sobre las condiciones técnicas y garantías de seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior.
- Instrucción de 14 de octubre de 2004, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, sobre previsión de cargas eléctricas y coeficientes de simultaneidad en áreas de uso residencial y áreas de uso industrial.
- Normas Particulares y Condiciones Técnicas y de Seguridad de Sevillana Endesa.
- Normas UNE.
- Recomendaciones UNESA.



# 3 MEMORIA DESCRIPTIVA

---

## 3.1 Previsión de potencias

La estimación de la potencia instalada en cada una de las parcelas se calcula en base a la superficie que ocupan éstas, a excepción de las siguientes, de las cuales conocemos su potencia instalada de antemano:

- Jardín 0.15 kVA
- Concesionario 62.5 kVA
- Tanatorio 85 kVA
- Hospital 210 kVA
- Centro comercial 220 kVA

Del resto de parcelas solo conocemos su superficie y que se destinarán a edificios comerciales o de oficinas.

La reglamentación a aplicar en este apartado se corresponde con la Instrucción Técnica Complementaria número 10 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, las normas particulares de la compañía distribuidora y la Instrucción de 14 de octubre de 2004, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, sobre previsión de cargas eléctricas y coeficientes de simultaneidad en áreas de uso residencial y áreas de uso industrial.

Según el REBT y las normas ENDESA, la potencia instalada se calculará considerando un mínimo de 100 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 3.450 W a 230 V y factor de simultaneidad 1.

Por otra parte, según la Instrucción de 14 de octubre de 2004, en áreas de uso industrial la potencia instalada será como mínimo de 15 kW para parcelas con una superficie inferior a 300 m<sup>2</sup>.

De esta forma y para cumplir con toda la reglamentación al respecto, la potencia instalada en parcelas de 100 m<sup>2</sup> será de 15 kW y las parcelas con 200 m<sup>2</sup> de superficie contarán con una potencia instalada de 20 kW.

En cuanto a los centros de transformación se emplearán dos tipos: 2 CTs de abonado que alimentarán al hospital y al centro comercial y 2 CTs de compañía que alimentarán el jardín, el concesionario, el tanatorio y el resto de parcelas.

Cada uno de los dos centros de transformación de abonado contará con un transformador de 250 kVA de potencia nominal, mientras que para los CTs de compañía se ha dividido el polígono en dos zonas.

La primera zona consiste en las parcelas del suroeste del polígono, todas ellas de 200 m<sup>2</sup>, y el concesionario. Tras aplicar un coeficiente de simultaneidad 1 y un factor de potencia 0,9 a las parcelas, obtenemos una potencia total de 618 kVA. Por tanto se ha decidido instalar dos transformadores de 400 kVA de potencia nominal, abasteciendo de esta forma la demanda, así como contando con potencia sobrante para el caso de futuras ampliaciones del polígono.

La segunda zona cuenta con el jardín, el tanatorio y el resto de parcelas ubicadas al este del polígono, entre las que se encuentran parcelas de 100 m<sup>2</sup> en su mayoría y 5 parcelas de 200 m<sup>2</sup>. Aplicando nuevamente un coeficiente de simultaneidad 1 y un factor de potencia 0,9 a las parcelas, obtenemos una potencia total de 1040,65 kVA. A fin de satisfacer esta demanda y previendo futuras ampliaciones, se ha decidido instalar dos transformadores de 630 kVA de potencia nominal.

## 3.2 Red de media tensión

La red de media tensión será subterránea y unirá los cuatro centros de transformación entre ellos y a una línea aérea de media tensión cercana al polígono, ya existente, a través de un entronque aéreo-subterráneo.

La tipología de la red será en anillo de forma que se garantice una vía de alimentación alternativa en caso de que se produjera un fallo en algún tramo de la red y a fin de cumplir con las normas particulares de la compañía distribuidora. No obstante la explotación se realizará de forma radial. Con este fin el interruptor de la celda de salida del centro de transformación número 3 permanecerá abierto.

El trazado de la red de media tensión y la ubicación de los cuatro centros de transformación se muestran en el plano adjunto nº 2.

### 3.2.1 Conductores

Los conductores serán unipolares de aluminio homogéneo con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y pantalla de hilos de cobre. La cubierta exterior será de color rojo y estará constituida por un compuesto termoplástico a base de poliolefina. Estos cables reunirán las características indicadas en la Norma ENDESA DND001, así como cumplirán con las Especificaciones Técnicas de Materiales de ENDESA 6700022 a 6700024, según corresponda en cada caso.

Dado que la tensión nominal de la red es de 20 kV y a fin de reforzar la garantía de la calidad de servicio eléctrico, la tensión nominal del cable será de 18/30 kV, tal y como se especifica en las normas particulares de la compañía distribuidora.

La sección del cable será 240 mm<sup>2</sup> y permanecerá uniforme a lo largo de toda la red de media tensión, al igual que la sección de la pantalla, que será de 16 mm<sup>2</sup>. La elección de ambas secciones se justifica en su apartado correspondiente en la memoria de cálculo.

La designación de los cables UNE 21123 es la siguiente:

RH5Z1 18/20 kV 1x240 Al + H16

Las pantallas de los cables serán conectadas a tierra en todos los puntos accesibles a una toma que cumpla las condiciones técnicas especificadas en los reglamentos en vigor.

### 3.2.2 Canalizaciones

Los cables se enterrarán bajo tubo en zanjas de 1,25 metros de profundidad a lo largo de todo su recorrido. Dichas zanjas discurrirán por las aceras del polígono, siendo el trazado lo más rectilíneo posible y paralelo a referencias fijas como líneas en fachada y bordillos.

Los conductores discurrirán bajo tubo de polietileno de 160 mm de diámetro nominal que cumplirán con las normas UNE EN 50086 y ENDESA CNL002, así como con la Especificación Técnica de Materiales de ENDESA nº 6700144.

En los cruces bajo calzada se instalará un segundo tubo como reserva y se construirá sobre ellos un dado de hormigón. También se dispondrá de un segundo tubo de reserva en las zonas en que se prevea una posible futura ampliación de la red.

Se colocará encima de los cables una protección mecánica consistente en una placa de polietileno para protección de cables, y asimismo una cinta de señalización que advierta de la existencia de cables eléctricos por debajo de ella (Especificación Técnica ENDESA nº 6700157 y 6700151, respectivamente). Solamente en el caso de canalizaciones entubadas bajo dado de hormigón se prescindirá de la instalación de la placa de protección de cables.

Se instalarán arquetas en todos los cambios de dirección de los tubos y en alineaciones superiores a 40 m, de forma que ésta sea la máxima distancia entre arquetas.

### 3.2.3 Entronque aéreo-subterráneo

Se instalará en uno de los apoyos de la red aérea de media tensión ya existente, tal y como se indica en el plano

adjunto nº 2.

A la salida de la línea aérea se instalará un juego de seccionadores unipolares de intemperie además de un sistema de protección contra sobretensiones de origen atmosférico, constituido por pararrayos autovalvulares. El cable subterráneo, en la subida a la red aérea irá protegido por un tubo de acero galvanizado, que se empotrará en la cimentación del apoyo.

### 3.3 Centros de transformación

En este capítulo se expondrán las características de los cuatro centros de transformación proyectados. Estas características varían en función del modelo de centro de transformación empleado en cada caso y del tipo de este, bien de compañía o bien de abonado.

Las características eléctricas, comunes para todos los centros de transformación, se enumeran a continuación:

- Tensión de aislamiento de las instalaciones de media tensión: 24 kV
- Tensión nominal en media tensión: 20 kV
- Tensión de aislamiento de las instalaciones de baja tensión: 10 kV
- Tensión nominal en baja tensión: 400 V
- Intensidad nominal en media tensión: 400 A
- Intensidad de cortocircuito en media tensión: 16 kA
- Intensidad de cortocircuito en baja tensión: 12 kA

Estas características se han obtenido a través de las normas particulares de ENDESA.

Los centros de transformación serán prefabricados de tipo caseta de la marca Ormazábal. El modelo y las dimensiones de cada centro de transformación se exponen en la siguiente tabla:

**Tabla 1** CTs modelo y dimensiones

Centro de transformación	Modelo	Longitud (m)	Anchura (m)	Altura(m)	Peso (kg)
CT1	pfu-5	6,08	2,38	3,045	17460
CT2	pfu-5	6,08	2,38	3,045	17460
CT3 (Hospital)	pfu-4	4,46	2,38	3,045	13465
CT4 (Centro Comercial)	pfu-4	4,46	2,38	3,045	13465

Las dimensiones de la excavación serán, en el caso del modelo pfu-5:

- Anchura: 6,88 m
- Fondo: 3,18 m
- Profundidad: 0,56 m

Para el modelo pfu-4 la excavación tendrá como dimensiones:

- Anchura: 5,26 m
- Fondo: 3,18 m
- Profundidad: 0,56 m

En todos los casos, los centros de transformación serán de paso, es decir, tendrán módulo de entrada y de

salida.

Los centros de transformación de compañía alojarán dos transformadores cada uno, de 400 kVA de potencia nominal en el caso del CT1 y de 630 kVA en el CT2. Contarán, además de con una celda de entrada y otra celda de salida, con dos celdas de protección, una para cada transformador, así como dos cuadros de baja tensión con hasta 8 salidas cada uno.

En cuanto a los centros de transformación de abonado, estos dispondrán de un único transformador de 250 kVA de potencia. Además de las celdas de entrada y salida de línea, estos CTs incluirán una celda de seccionamiento y remonte, una celda de protección general, una celda de medida y una celda de protección del transformador.

Las celdas de media tensión serán de la marca Ormazábal. A continuación se especifican los modelos que se usarán para cada tipo de celda:

- Celda de entrada de línea: cgmcosmos-l
- Celda de entrada de línea: cgmcosmos-l
- Celda de protección de transformador: cgmcosmos-p
- Celda de seccionamiento y remonte: cgmcosmos-s
- Celda de protección general: cgmcosmos-v
- Celda de medida: cgmcosmos-m

Los centros de transformación contarán con una puerta metálica por cada transformador que alojen para hacer posible la extracción de los mismos o el acceso para labores de mantenimiento. Estas puertas contarán con una rejilla de entrada de aire en la parte inferior, con el fin de evitar el sobrecalentamiento de los transformadores de potencia. En la parte superior del reverso del conjunto prefabricado en hormigón se encuentra la rejilla de salida de aire. La sección de dichas rejillas varía con cada centro de transformación en función de la potencia nominal del transformador o los transformadores que aloje y su valor se justifica en su apartado correspondiente en la memoria de cálculo.

Se dispondrá de una cuba de recogida de aceite por cada transformador, con la finalidad de permitir la evacuación y la no extensión del líquido inflamable. Dicha cuba se instalará debajo de cada transformador y tendrá una capacidad mínima de 650 litros, según normas de la compañía distribuidora.

### 3.3.1 Transformadores

Los transformadores a instalar en cada uno de los centros de transformación proyectados serán de alto rendimiento de la marca Imefy, a fin de cumplir con las especificaciones de pérdidas en carga y en vacío, así como el nivel de ruido señalados en el Reglamento de Alta Tensión en su instrucción técnica complementaria número 7 "Transformadores y autotransformadores de potencia". A continuación se exponen las mismas para cada transformador.

- **Transformador 250 kVA**

- Nivel de aislamiento: 24 kV
- Tensión primaria: 20 kV
- Tensión secundaria: 400 V
- Grupo de conexión: Dyn11
- Tensión de cortocircuito: 4%
- Pérdidas en carga a 75 °C: 2750 W
- Pérdidas en vacío: 360 W

-Rendimiento:

$\cos(\phi)=1$  al 100% de carga: 98,77%  
 $\cos(\phi)=0,8$  al 100% de carga: 98,47%  
 $\cos(\phi)=1$  al 75% de carga: 98,99%  
 $\cos(\phi)=0,8$  al 75% de carga: 98,74%

-Dimensiones:

Largo: 1190 mm

Ancho: 820 mm

Alto: 1320 mm

-Nivel de ruido: 44 dB

- **Transformador 400 kVA**

-Nivel de aislamiento: 24 kV

-Tensión primaria: 20 kV

-Tensión secundaria: 400 V

-Grupo de conexión: Dyn11

-Tensión de cortocircuito: 4%

-Pérdidas en carga a 75 °C: 3850 W

-Pérdidas en vacío: 520 W

-Rendimiento:

$\cos(\varphi)=1$  al 100% de carga: 98,92%  
 $\cos(\varphi)=0,8$  al 100% de carga: 98,65%  
 $\cos(\varphi)=1$  al 75% de carga: 99,11%  
 $\cos(\varphi)=0,8$  al 75% de carga: 98,89%

-Dimensiones:

Largo: 1250 mm

Ancho: 820 mm

Alto: 1400 mm

-Nivel de ruido: 46 dB

- **Transformador 630 kVA**

-Nivel de aislamiento: 24 kV

-Tensión primaria: 20 kV

-Tensión secundaria: 400 V

-Grupo de conexión: Dyn11

-Tensión de cortocircuito: 4%

-Pérdidas en carga a 75 °C: 5400 W

-Pérdidas en vacío: 730 W

-Rendimiento:

$\cos(\varphi)=1$  al 100% de carga: 99,04%

$\cos(\varphi)=0,8$  al 100% de carga: 98,80%

$\cos(\varphi)=1$  al 75% de carga: 99,21%

$\cos(\varphi)=0,8$  al 75% de carga: 99,01%

-Dimensiones:

Largo: 1410 mm

Ancho: 860 mm

Alto: 1460 mm

-Nivel de ruido: 48 dB

### 3.3.2 Aparata de alta tension

La aparata de MT será del tipo denominado bajo envolvente metálica, con dieléctrico y corte en SF6 del tipo “extensible” (según las características recogidas en la Norma ENDESA FND003 y las Especificaciones Técnicas de ENDESA correspondientes).

Los fusibles empleados en la protección de los transformadores serán del tipo “limitadores” de alto poder de ruptura (APR), que deberán cumplir con las Normas UNE 21.120 y ONSE 54.25-01, y los compartimentos dispuestos para alojar esos fusibles serán compatibles con las dimensiones de los fusibles indicadas en dicha Norma ONSE 54.25-01

El amperaje de los fusibles se elegirá de acuerdo con las normas específicas de ENDESA. Para una tensión nominal de 20 kV el valor del amperaje de los fusibles dependerá de la potencia nominal de los transformadores alojados en cada centro de transformación, siendo:

-Para el CT1 (transformador de 400 kVA): 40 A

-Para el CT2 (transformador de 630 kVA): 63 A

-Para los centros de transformación de abonado (transformador de 250 kVA): 32 A

Estos valores se obtienen de la Tabla 2.3.3 del Capítulo IV “Centros de Transformación, Seccionamiento y Entrega” de las normas específicas de ENDESA.

Estos fusibles se alojarán en las celdas de protección del transformador.

Las celdas de entrada y salida de línea dispondrán cada una de un interruptor-seccionador tripolar con tres posiciones: cerrado, abierto o puesto a tierra. Este dispositivo tendrá una intensidad asignada en servicio continuo de 400 A y una corriente asignada admisible de corta duración de 16 kA. Sus características eléctricas se justifican en su apartado correspondiente en la memoria de cálculo

Las celdas de protección general de los centros de transformación de abonado dispondrán de un interruptor automático cuyo corte de corte será de 400 A.

El embarrado de las celdas se dimensionará para soportar todos los esfuerzos electrodinámicos a los que pudiera estar expuesto sin que estos le provoquen deformaciones de carácter permanente.

La unión de la celda protección de transformador al aparato correspondiente, se hará con cables de aluminio con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), una tensión de 18/30 kV y na sección de 150 mm<sup>2</sup>, que

cumplirán con la Norma ENDESA DND001.

### 3.3.3 Puente de baja tensión

El puente de BT lo conforman los cables de baja tensión utilizados para la conexión entre el transformador y el cuadro de Baja Tensión.

La unión entre las bornas del transformador y el cuadro de protección de baja tensión se efectuará por medio de cables aislados unipolares de aluminio, del tipo RV 0,6/1 kV, que se ajustarán a lo especificado en la Norma ENDESA CNL001, así como las Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias 6700027 o 6700028.

Las características de los puentes en función de la potencia del transformador correspondiente se exponen en la siguiente tabla:

**Tabla 2** CTs puente de baja tensión

Centro de transformación	Potencia del transformador	Nº y sección de conductores	
		Fase	Neutro
CT1	400 kVA	3x3x240 mm <sup>2</sup>	2x240 mm <sup>2</sup>
CT2	630 kVA	3x2x240 mm <sup>2</sup>	1x240 mm <sup>2</sup>
Hospital	250 kVA	3x1x240 mm <sup>2</sup>	1x240 mm <sup>2</sup>
Centro Comercial	250 kVA	3x1x240 mm <sup>2</sup>	1x240 mm <sup>2</sup>

### 3.3.4 Cuadro de baja tensión

Los cuadros de baja tensión deben cumplir con la Norma ENDESA FNZ001, así como las Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias nº 6700040 y 6700380, admitirán cuatro salidas más un módulo de ampliación de otras cuatro en el caso de los centros de transformación número 1 y 2, contando estos con un total de 6 salidas en el caso del CT1 y 8 en el caso del CT2.

Estarán dotados de los desconectores necesarios para las salidas de cables, provistos de fusibles de uso general aptos para la intensidad nominal de las líneas que alimentan y que deberán cumplir con lo especificado en la Norma ENDESA NNL011. El poder de corte será común a todos los fusibles, con un valor de 120 kA, mientras que la intensidad asignada de cada fusible se justificará en el apartado correspondiente de la memoria de cálculo.

El modelo de cuadro de tensión a emplear será el cbto.c de la marca Ormazábal. Sus características se detallan a continuación:

- Tensión asignada: 400 V
- Tensión soportada a frecuencia industrial: 2,5 kV (partes activas); 10 kV (partes activas - masa)
- Tensión soportada a impulso tipo rayo: 20 kV
- Grado de protección: IP 2X, IK 08
- Dimensiones:
  - Ancho: 1000 mm
  - Alto: 1500 mm
  - Fondo: 300 mm

El cuadro de baja tensión incorporará un seccionador tetrapolar de maniobra manual unipolar según norma UNE-EN 60947-3. Contará además con un equipo de medida constituido por 3 transformadores de intensidad cuya relación es 1000/5, 3 amperímetros de máxima de 0 a 120 % y un voltímetro con conmutador.

### 3.3.5 Red de puesta a tierra

Todos los centros estarán provistos de un sistema de puesta a tierra a fin de limitar las tensiones de defecto a tierra que puedan producirse en el propio centro. Esta instalación de puesta a tierra, complementada con los dispositivos de interrupción de corriente, deberá asegurar la descarga a tierra de la intensidad homopolar de defecto, contribuyendo a la eliminación del riesgo eléctrico debido a la aparición de tensiones peligrosas en el caso de contacto con las masas que puedan ponerse en tensión.

Los centros de transformación dispondrán de dos sistemas de puesta a tierra: Uno de servicio para el neutro de baja tensión y otro de protección al que se conectarán las masas y envolventes metálicas de los aparatos, así como los herrajes y estructuras del CT. Estos dos sistemas estarán separados por una distancia de no menos de 5,54 metros, valor que se justifica en la memoria de cálculo.

El sistema de puesta a tierra de protección consistirá en una línea de cobre de 50 mm<sup>2</sup> que discurre bajo tierra rodeando el centro de transformación a una profundidad de 0,5 metros, formando un rectángulo en el que se intercalan 8 picas de 2 metros de altura y 14 milímetros de diámetro. A este sistema se unirán las partes metálicas del centro de transformación que no están en tensión en condiciones normales de funcionamiento, pero que puedan estarlo ante defectos de aislamiento, averías o causas fortuitas.

Por su parte el sistema de puesta a tierra de servicio se instalará en línea hacia el exterior, a la distancia anteriormente especificada con respecto al sistema de puesta a tierra de protección. Este sistema conectará a tierra el neutro a través de una línea de cobre de nivel de aislamiento 0,6/1 kV.

## 3.4 Red de baja tensión

La red de baja tensión será subterránea y estará compuesta por 12 circuitos que partirán de los dos centros de transformación de compañía proyectados.

Su explotación será de tipo radial, si bien la disposición de los circuitos será en anillo, uniéndose los extremos de dos circuitos en una misma caja de seccionamiento de red. De esta forma se garantiza que ante una avería en una zona de la línea sea posible una alimentación alternativa en un espacio de tiempo adecuado.

La distribución de los circuitos de la red de baja tensión a lo largo del polígono se representa en el plano adjunto nº 3.

### 3.4.1 Conductores

Los conductores empleados serán de aluminio homogéneo, unipolares con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y cubierta de policloruro de vinilo (PVC) tipo RV. Su tensión nominal será 0,6/1 kV y cumplirán con la Norma ENDESA CNL001 y las Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias 6700026, 6700027 y 6700028.

Las secciones de los conductores serán de 150 y 240 mm<sup>2</sup> para las fases y 95 y 150 mm<sup>2</sup> respectivamente para el neutro; secciones aceptadas por la compañía suministradora. La elección de las secciones de cada circuito se justifica en la Memoria de Cálculo.

La designación de los cables según norma UNE 21123 es la siguiente:

RV 0,6/1 kV Al 3x150 + 1x95 para cables de fase de 150 mm<sup>2</sup> con neutro de 95 mm<sup>2</sup>

RV 0,6/1 kV Al 3x240 + 1x150 para cables de fase de 240 mm<sup>2</sup> con neutro de 150 mm<sup>2</sup>

La red será de tipo cilíndrico, es decir, con sección uniforme a lo largo de todo el circuito.

### 3.4.2 Canalizaciones

Los cables se enterrarán bajo tubo en zanjas de 80 cm de profundidad a lo largo de todo su recorrido. Dichas zanjas discurrirán por las aceras del polígono, siendo el trazado lo más rectilíneo posible y paralelo a referencias fijas como líneas en fachada y bordillos.

Los tubos serán de polietileno reticulado, tendrán un diámetro nominal de 160 mm y cumplirán la Norma ENDESA CNL002, así como las Especificaciones Técnicas ENDESA Referencias 6700144 y 6700145.

En cada tubo se alojará un único circuito de BT y se instalará un tubo de reserva con el fin de cumplir lo establecido en la Instrucción de 14 de octubre de 2004 de la Dirección General de Industria, Energía y Minas.

Se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección de los tubos. En los puntos donde se produzcan y para facilitar la manipulación de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrables. Igualmente deberán disponerse arquetas en los lugares en donde haya de existir una derivación o una acometida. A la entrada en las arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores.

Cuando, de manera necesaria, la zanja cruce una carretera lo hará de manera perpendicular al eje de la misma. En este caso los cables se colocarán en el interior de tubos recubiertos de una capa de hormigón de 15 cm de espesor.

Las canalizaciones de líneas de BT discurrirán siempre por encima de las de MT, a una distancia mínima de 0,25 metros según las normas de la compañía suministradora, siendo 0,45 metros en el caso finalmente proyectado.

Se dispondrán cintas señalizadoras a una profundidad de 25 cm para evitar el deterioro que pudieran provocar futuras excavaciones en zonas cercanas a las zanjas.

### 3.4.3 Arquetas de registro

Se instalarán arquetas con tapas registrables en los cambios de dirección de la línea, en los cruzamientos y en las acometidas a las parcelas. Se evitará la construcción de arquetas sobre las carreteras.

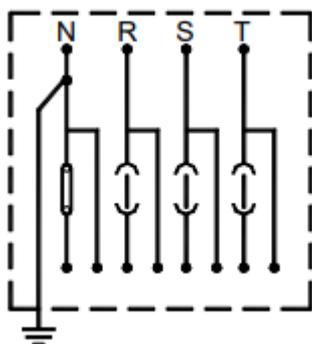
Las arquetas, serán prefabricadas de hormigón o de material plástico y debe cumplir lo especificado en la Norma ONSE 01.01-16 (Tipo A-1). Por su parte, los marcos y tapas para arquetas cumplirán igualmente con la Norma ONSE 01.01-14.

### 3.4.4 Cajas de seccionamiento

Se instalarán cajas de seccionamiento en las uniones entre terminaciones de dos circuitos, a fin de cerrar el anillo que garantiza la continuidad de suministro ante avería en un circuito; y en los puntos en que la explotación de la red así lo requiera.

Las cajas de seccionamiento constan básicamente de entrada, salida de red, y conexión directa con la C.G.P. del cliente y se instalará bajo la Caja General de Protección del cliente que deriva de ella.

El esquema eléctrico de las cajas de seccionamiento es el que se indica en la siguiente figura:



**Figura 1** Esquema eléctrico de las cajas de seccionamiento

Sus características cumplirán las especificaciones de la Norma ENDESA CNL003, así como la Especificación Técnica de ENDESA Referencia 6700034. La intensidad nominal será 400 A y la tensión asignada 500 V.

La caja de seccionamiento en posición de servicio deberá mantener, como mínimo, el grado de protección IP 43, según la Norma UNE 20324 contra la penetración de cuerpos sólidos y rígidos. El grado de protección contra los impactos mecánicos será IK 09 según la Norma UNEEN 50102.

La caja dispondrá de un embarrado de fases de pletina de cobre de 150 mm<sup>2</sup> como mínimo que estará adecuado para la fijación de bases para fusibles. El embarrado de neutro se dispondrá a la izquierda de la caja mirando a ésta en posición de servicio y estará constituido por pletina de cobre. Las cuchillas seccionadoras, que deberán ir incorporadas a las bases para fusibles serán de cobre, mínimo 20 x 6 mm, y estarán previstas para soportar la intensidad asignada a las bases.

### 3.4.5 Cajas generales de protección

Son las cajas que alojan los elementos de protección de las líneas generales de alimentación. Las cajas generales de protección señalan el principio de la propiedad de las instalaciones de los usuarios (Art. 15.2 del REBT). Sus esquemas y características, responderán a lo indicado en la Norma ENDESA NNL010, así como en las Especificaciones Técnicas ENDESA Referencias 6703611 a 6703619, según corresponda en cada caso.

Se instalarán sobre las fachadas exteriores de los edificios, en lugares de libre y permanente acceso. Las partes interiores de las CGP serán accesibles, para su manipulación y mantenimiento, por la cara frontal de las mismas.

Las cajas generales de protección a utilizar corresponderán a uno de los tipos recogidos en la Norma ENDESA NNL010. Dentro de las mismas se instalarán cortacircuitos fusibles en todos los conductores de fase o polares, con poder de corte al menos igual a la corriente de cortocircuito prevista en el punto de su instalación. El neutro estará constituido por una conexión amovible situada a la izquierda de las fases, colocada la caja general de protección en posición de servicio, y dispondrá también de un borne de conexión para su puesta a tierra si procede.

Las CGP cumplirán todo lo que sobre el particular se indica en la Norma UNEEN 60.439-1, tendrán grado de inflamabilidad según se indica en la Norma UNE-EN 60.439-3, Una vez instaladas tendrán un grado de protección IP43 según UNE-20.324 e IK 08 según UNE-EN 50.102 y serán precintables.

### 3.4.6 Protecciones

Cada circuito de la red se protegerá en cabecera, en el cuadro de BT del centro de transformación correspondiente, con fusibles cuyas características eléctricas se justifican en la memoria de cálculo. Los

fusibles deberán cumplir con lo especificado en la Norma ENDESA NNL011 y protegerán al circuito ante sobrecargas y cortocircuitos que pudieran producirse en el mismo.

### 3.4.7 Empalmes, terminals y derivaciones

El montaje y confección de los conectores, manguitos de unión y terminales se realizarán de acuerdo con las instrucciones recogidas en el documento ENDESA BDZ004, así como lo que se indica a continuación para cada tipo de elemento.

- Empalmes:

Se construirán mediante manguitos con recubrimiento de aislamiento. El sistema de punzonado será con matrices con punzonado profundo escalonado. El restablecimiento del aislamiento se realizará con manguitos termorretráctiles.

- Derivaciones:

Las derivaciones se realizarán mediante conectores de derivación por compresión. La reconstitución del aislamiento se realizará con recubrimiento mediante elementos prefabricados termorretráctiles o retráctiles en frío.

- Terminales :

Serán bimetálicos con engastado mediante punzonado profundo escalonado y cumplirán lo indicado en la Norma ENDESA NNZ014.

### 3.4.8 Continuidad del neutro

El conductor neutro no podrá ser interrumpido en las redes de distribución, salvo que ésta interrupción sea realizada por Interruptores o seccionadores omni-polares que actúen sobre el neutro y las fases o por uniones amovibles en el neutro próximas a los interruptores o seccionadores de los conductores de fase no debiendo, en éste caso, ser seccionado el neutro sin que lo estén previamente las fases, ni conectadas éstas sin haberlo sido previamente el neutro.

### 3.4.9 Puesta a tierra del neutro

El conductor neutro de las líneas de BT se pondrá a tierra en el centro de transformación de origen de cada circuito.

En las Normas ENDESA se especifica que el neutro debe además ponerse a tierra cada 200 metros como máximo, no siendo necesario en el caso proyectado al no alcanzar dicha longitud ninguno de los circuitos de la red de distribución de BT.

## 3.5 Red de alumbrado público

La red de alumbrado público será subterránea y estará compuesta por 8 circuitos que partirán de los dos centros de transformación de compañía proyectados, pasando posteriormente por la caja general de protección y el equipo de medida ubicado en un monolito próximo al centro de transformación en cuestión.

Su explotación será de tipo radial, si bien la disposición de los circuitos será en anillo, uniéndose los extremos de dos circuitos en una misma caja de seccionamiento de red. De esta forma se garantiza que ante una avería en una zona de la línea sea posible una alimentación alternativa en un espacio de tiempo adecuado.

La distribución de las luminarias y los circuitos que las alimentan está representada en el plano adjunto nº 4.

### 3.5.1 Conductores

Los conductores empleados serán de cobre, unipolares con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y cubierta de policloruro de vinilo (PVC) tipo RV. Su tensión nominal será 0,6/1 kV y cumplirán con la Norma ENDESA CNL001 y las Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias 6700026, 6700027 y 6700028.

Las secciones de los conductores serán de 6 mm<sup>2</sup> para las fases y el neutro. Este valor se justifica en su capítulo correspondiente en la memoria de cálculo.

La designación de los cables según norma UNE 21123 es la siguiente:

RV 0,6/1 kV 3x6 + 1x6

La red será de tipo cilíndrico, es decir, con sección uniforme a lo largo de todo el circuito.

### 3.5.2 Canalizaciones

Los cables se enterrarán bajo tubo en zanjas de 80 cm de profundidad a lo largo de todo su recorrido. Dichas zanjas discurrirán por las aceras del polígono, siendo el trazado lo más rectilíneo posible y paralelo a referencias fijas como líneas en fachada y bordillos.

Los tubos serán de polietileno reticulado, tendrán un diámetro nominal de 60 mm, valor mínimo según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (ITC-BT-09). En cada tubo se alojará un único circuito de la red de alumbrado.

Se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección de los tubos. En los puntos donde se produzcan y para facilitar la manipulación de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrables. Se dispondrá también de una arqueta ciega adosada a cada una de las luminarias. A la entrada en las arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores.

Cuando, de manera necesaria, la zanja cruce una carretera lo hará de manera perpendicular al eje de la misma. En este caso los cables se colocarán en el interior de tubos recubiertos de una capa de hormigón de 15 cm de espesor.

Se dispondrán cintas señalizadoras a una profundidad de 25 cm para evitar el deterioro que pudieran provocar futuras excavaciones en zonas cercanas a las zanjas.

### 3.5.3 Cajas y cuadros de mando

La caja general de protección, el equipo de medida y el cuadro de mando y protección se instalarán en el interior de un monolito adjunto al centro de transformación de dimensiones 1,5 x 0,85 x 0,45 m.

En el interior de la caja general de protección se dispondrán los dispositivos de protección pertinentes que protegerán a cada uno de los circuitos de la red de alumbrado en cabecera. Se trata de fusibles con alto poder de ruptura (120 kA) y 6 A de calibre. La elección de los valores de estas características se justifica debidamente en su apartado correspondiente de la memoria de cálculo.

### 3.5.4 Luminarias

La luminaria a utilizar será el modelo CDM-T70W de PHILIPS, con carcasa CGP431 FG y difusor OR P5. La potencia de esta luminaria es de 85 W, y ofrece un flujo luminoso de 6600 lúmenes.

Las luminarias se instalarán sobre báculos a una altura de 8 metros. La separación entre luminarias será de 20 metros y se dispondrán en tresbolillo. Se llevará a cabo una serie de cálculos luminotécnicos, expuestos en la

memoria de cálculo, para verificar que, dadas las características de las luminarias y la disposición de las mismas a lo largo de las calles del polígono, cumple con lo especificado en el Reglamento de Eficiencia Energética en su Instrucción Técnica Complementaria número 2.

Los báculos a instalar serán de chapa de acero de 3 mm de espesor y dispondrán de una puerta de registro. La cubierta de los báculos protegerá a los mismos de la acción de la lluvia y los esfuerzos mecánicos a los que pudiesen estar sometidos.

### **3.5.5 Puestas a tierra**

Cada una de los dos cuadros de protección, medida y control adyacentes a los centros de transformación se conectará a tierra a través de una pica de acero cobreado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro mediante un conductor de cobre de 35 mm<sup>2</sup> de sección.

La puesta a tierra de los báculos se realizará por conexión a una red de tierra común para todas las líneas que partan del mismo cuadro de protección, medida y control. En las redes de tierra, se instalará un electrodo de puesta a tierra cada 5 soportes de luminarias, y siempre en el primero y en el último soporte de cada línea. La puesta a tierra en este caso es idéntica a la expuesta anteriormente, con picas de acero cobreado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro unidas a las masas por un conductor de cobre de 35 mm<sup>2</sup> de sección.



# 4 MEMORIA DE CÁLCULO

---

## 4.1 Red de media tensión

En este apartado se especificarán los cálculos llevados a cabo para justificar el dimensionado de la línea de media tensión, esto es, la sección de los conductores y de las pantallas de los cables de la red.

La red de media tensión se dimensionará para abastecer a los cuatro centros de transformación en el peor de los casos, que sería el de que se produjese un fallo en un tramo de la línea y el total de la intensidad suministrada al polígono circulara por un único tramo de la red.

Como se indica en la memoria descriptiva, los conductores empleados serán unipolares de aluminio homogéneo con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y pantalla de hilos de cobre. La tensión nominal del cable será de 18/30 kV y discurrirá por zanjas de 1,25 metros de profundidad, bajo tubo de polietileno de 160 mm de diámetro nominal a lo largo de todo su recorrido.

Según las normas particulares de la compañía distribuidora hay tres secciones aceptadas para los conductores en media tensión: 150 mm<sup>2</sup>, 240 mm<sup>2</sup> y 400 mm<sup>2</sup>.

La elección de la sección de los conductores se lleva a cabo siguiendo los criterios térmico y de cortocircuito, mientras que para la sección de la pantalla se hace uso del criterio de cortocircuito fase-pantalla.

### 4.1.1 Criterio térmico

Este criterio tiene como objetivo determinar la sección mínima para que el cable sea capaz de soportar las temperaturas provocadas por el paso de la corriente y no se deteriore con el tiempo en las condiciones expuestas anteriormente.

El primer paso consiste en calcular la potencia para la cual se dimensionan los conductores de la red de MT, que consiste en la suma de las potencias nominales de los transformadores de los cuatro centros de transformación, multiplicados por un factor de simultaneidad de 0,8, de acuerdo con la Instrucción de 14 de octubre de 2004, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, sobre previsión de cargas eléctricas y coeficientes de simultaneidad en áreas de uso residencial y áreas de uso industrial:

$$S_T = 0,8 \cdot \sum_i S_i = 0,8 \cdot (2 \cdot 630 + 2 \cdot 400 + 250 + 250) = 2048 \text{ kVA}$$

Con esta potencia se calcula la intensidad que circulará por el tramo más desfavorable de la red:

$$I = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{2560 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3} = 59,1 \text{ A}$$

El siguiente paso consiste en hallar la intensidad máxima admisible para cada sección, para lo cual previamente habrá que obtener una serie de factores de corrección a aplicar sobre las mismas.

Los factores de corrección a tener en cuenta y sus valores obtenidos de las tablas anteriormente citadas serán los siguientes:

**Tabla 3** Criterio térmico MT: factores de corrección

	Valor	Factor de corrección
Temperatura del terreno	25 °C	1
Resistividad térmica del terreno	1 K·m/W	1,1
Profundidad	0,8 m	0,99
Circuitos agrupados	2	0,8

El número de circuitos agrupados se refiere únicamente al primer tramo de la red de MT, que parte del entronque aéreo-subterráneo; tramo objeto de este criterio al tratarse del tramo más desfavorable.

Las intensidades máximas admisibles para cada una de las tres secciones aceptadas por la compañía distribuidora, así como sus valores tras aplicar los factores de corrección anteriormente citados se indican en la siguiente tabla:

**Tabla 4** Criterio térmico MT: intensidad máxima admisible

Sección (mm <sup>2</sup> )	Intensidad máxima admisible (A)	Intensidad máxima admisible corregida (A)
150	245	211,29
240	320	275,97
400	415	357,9

Se observa que la sección más pequeña de las tres, 150 mm<sup>2</sup>, cumple con el criterio térmico al ser su intensidad máxima admisible corregida mayor que la intensidad para la cual se dimensiona la red.

#### 4.1.2 Criterio de cortocircuito

Consiste en comprobar que el cable no se ve dañado ante el paso de la intensidad de cortocircuito máxima durante el tiempo de despeje de la falta. Este tiempo es un segundo, dato proporcionado por la compañía distribuidora.

En cuanto al valor de la intensidad de cortocircuito máxima, se calcula mediante la expresión:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{500 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3} = 14,43 \text{ kA}$$

Donde  $S_{cc}$  se refiere al valor de la potencia de cortocircuito en la red de media tensión, 500 MVA según la compañía distribuidora.

La intensidad de cortocircuito máxima admisible soportada durante el tiempo de despeje de la falta se calcula a partir de la densidad máxima admisible del conductor. Este valor se saca del Reglamento de Líneas de Alta tensión, en su instrucción técnica complementaria número 6.

Para conductor de aluminio, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y tiempo de despeje de la falta 1 segundo la densidad de corriente máxima admisible es 94 A/mm<sup>2</sup>. Multiplicando por cada una de las tres secciones disponibles obtenemos:

**Tabla 5** Criterio de cortocircuito MT: intensidades de cortocircuito máximas admisibles

Sección (mm <sup>2</sup> )	$I_{cc adm}$ (kA)
150	14,1
240	22,56
400	37,6

Se comprueba que la sección de 150 mm<sup>2</sup> no cumple con este criterio, siendo necesario seleccionar la de 240 mm<sup>2</sup>.

#### 4.1.3 Criterio de cortocircuito fase-pantalla

Al igual que en el caso anterior, Consiste en comprobar que la pantalla no se ve dañada ante el paso de la intensidad de cortocircuito máxima durante el tiempo de despeje de la falta (1 segundo).

La expresión para el cálculo de la intensidad de cortocircuito máxima ante falta de tipo fase-pantalla es la siguiente:

$$I_{cc} = \frac{\sqrt{3} \cdot c_{m\acute{a}x} \cdot U}{2 \cdot Z_{Q(1)} + Z_{Q(0)} + 3 \cdot Z_{p.a.t.}}$$

Donde:

- $c_{m\acute{a}x}$  es un factor de tensión para el cálculo de las corrientes de cortocircuitos máximas, cuyo valor en media tensión es 1,1 (Tabla 3 de la Norma CEI 60038).

- $Z_{Q(1)}$  es la impedancia de cortocircuito en secuencia directa de la red aguas arriba, cuyo valor se calculará más adelante en el apartado de protecciones de la red de BT y es  $3,5 \cdot 10^{-5} + 3,5 \cdot 10^{-4} j \Omega$ .

- $Z_{Q(0)}$  es el módulo de la impedancia de cortocircuito en secuencia homopolar de la red aguas arriba, cuyo valor coincide con  $Z_{Q(1)}$ .

- $Z_{p.a.t.}$  es la resistencia de puesta a tierra, que en el caso proyectado es de 11,55  $\Omega$ .

Aplicando estos valores obtenemos:

$$I_{cc} = 1099,71 - 0,03 A$$

$$|I_{cc}| = 1099,71 A$$

Según las normas particulares de ENDESA, la sección mínima de la pantalla ha de ser de 16 mm<sup>2</sup>. Para esta sección, según la Norma IEC 60949, la intensidad de cortocircuito admisible en la pantalla para esta sección es de 1990 A. Por tanto la sección seleccionada para la pantalla será 16 mm<sup>2</sup>.

## 4.2 Centros de transformación

En este capítulo se señalarán los cálculos realizados para dimensionar los cuatro centros de transformación proyectados, haciendo hincapié en las diferencias existentes entre ellos debido a su tipo (de compañía o de abonado) y a la potencia de los transformadores que albergan.

### 4.2.1 Interruptor-seccionador

Cada celda de línea de cada uno de los cuatro centros de transformación proyectados dispondrá de un interruptor-seccionador cuyas características eléctricas se justificarán en este apartado.

Para que el interruptor-seccionador proteja a la instalación ante sobrecargas deberá cumplirse la siguiente condición:

$$I_r \geq I_b$$

Siendo:

- $I_r$  la corriente asignada en servicio continuo del interruptor-seccionador. Los valores disponibles son 400 A y 630 A.

- $I_b$  la corriente de diseño del interruptor-seccionador.

Para calcular la corriente de diseño considerará el fallo en el tramo que provoque que por el interruptor-seccionador circule la mayor corriente posible. Esta corriente es la suma de las intensidades demandadas por los centros de transformación que son alimentados a través del camino alternativo del que dispone la corriente al aislarse la falta gracias a la apertura de los debidos dispositivos de protección.

En la siguiente tabla se indica los valores de las intensidades de diseño de los interruptores-seccionadores de entrada y salida (ISE e ISS) y la corriente asignada que cumple con el criterio enunciado anteriormente para cada caso.

**Tabla 6** Intensidad de diseño para interruptor-seccionador CT

Centro de transformación	$I_b$ (A)		$I_r$ (A)	
	ISE	ISS	ISE	ISS
CT-1	73,9000	50,8060	400	400
CT-2	30,3109	66,6840	400	400
CT-3	50,8060	30,3109	400	400
CT-4	66,6840	73,9000	400	400

Determinamos a continuación la corriente asignada admisible de corta duración (intensidad límite térmica). Para ello se han de cumplir la siguiente condición, obtenida de la aplicación de la norma UNE-EN 60909 “Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna” para el caso de cortocircuitos alejados de un alternador con tiempo de actuación de las protecciones superior a 0,5 segundos.

$$I_{th} \geq I''_{km\acute{a}x}$$

Sendo:

- $I_{th}$  la corriente asignada admisible de corta duración (1 segundo). Los valores disponibles son 16 kA y 20 kA.

- $I''_{km\acute{a}x}$  la corriente de cortocircuito subtransitoria máxima, es decir la que se da cuando se produce un cortocircuito trifásico en el tramo de la línea más desfavorable para el dispositivo de protección en cuestión.

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito máxima es necesario conocer los valores de las impedancias mínimas de los cables y de la red de media tensión aguas arriba del punto de la falta.

El cálculo de la impedancia de la red de media tensión se detalla en el apartado de protecciones de la red de

baja tensión, obteniéndose los siguientes valores:

$$R_Q = 0,08756 \Omega$$

$$X_Q = 0,8756 \Omega$$

Los valores de las impedancias de los cables de media tensión se obtienen directamente del catálogo de cables Prysmian, siendo necesario expresar el valor de la parte resistiva a la temperatura de 20°C para obtener su valor mínimo.

Los valores de la resistencia y la inductancia son los siguientes:

$$R_c(90^\circ C) = 0,168 \Omega/\text{km}$$

$$X_c = 0,114 \Omega/\text{km}$$

A continuación pasamos el valor de la resistencia a la temperatura de 20°C mediante la siguiente expresión:

$$R_c(20^\circ C) = \frac{R_c(90^\circ C)}{1 + \alpha \cdot (90 - 20)} = 0,1313 \Omega/\text{km}$$

Donde  $\alpha$  es un factor igual a 0,004/K.

El siguiente paso consiste en hallar la impedancia para cada tramo multiplicando los valores anteriores por la longitud de los tramos, obteniéndose:

**Tabla 7** Impedancias de los tramos de la red de MT

Tramo	Longitud (m)	$R_c(20^\circ C)$ ( $\Omega$ )	$X_c$ ( $\Omega$ )
Entronque-CT1	91,65	0,0120	0,0104
CT1-CT3	98,59	0,0129	0,0112
CT3-CT2	96,87	0,0127	0,0110
CT2-CT4	165,72	0,0218	0,0189
CT4-Entronque	146,55	0,0192	0,0167

Una vez conocemos estos valores, podemos proceder al cálculo de la intensidad de cortocircuito máxima, cuya expresión se indica a continuación:

$$I''_{km\acute{a}x} = \frac{c_{m\acute{a}x} \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot |Z_Q + Z_{cmin}|}$$

Donde  $U_n$  se refiere a la tensión nominal de la red de media tensión (20 kV) y  $c_{m\acute{a}x}$  es un factor de tensión para el cálculo de las corrientes de cortocircuitos máximas, cuyo valor en media tensión es 1,1 (Tabla 3 de la Norma CEI 60038).

En la siguiente tabla se exponen los valores de las corrientes de cortocircuito máximas para cada dispositivo de protección de los centros de transformación así como la corriente asignada de corta duración seleccionada para cada caso.

**Tabla 8** Intensidades de cortocircuito máximas e intensidad asignada para cada dispositivo de protección CT

Centro de transformación	$I''_{km\acute{a}x}$ (kA)		$I_{th}$ (kA)	
	ISE	ISS	ISE	ISS
CT-1	14,25	14,25	16	16
CT-2	13,80	13,80	16	16
CT-3	14,05	13,61	16	16
CT-4	14,13	14,13	16	16

#### 4.2.2 Sistema de ventilación

A continuación se desarrollarán los cálculos realizados para dimensionar el sistema de ventilación de los centros de transformación proyectados. Este consiste en una ventilación natural del conjunto a través de dos rejillas, una de entrada de aire y otra de salida. De acuerdo con la UNE-20101, la temperatura ambiente máxima del aire de refrigeración ha de ser 65 °C para sistemas de ventilación natural.

El volumen de aire necesario para absorber las pérdidas de los transformadores, de acuerdo con el proyecto tipo de UNESA, se determina con la siguiente expresión:

$$Q_a = \frac{P_{cu} + P_{fe}}{1,16 \cdot \Delta T}$$

Donde:

- $P_{cu}$  y  $P_{fe}$  son las pérdidas en el cobre y en el hierro del transformador, correspondientemente, expresadas en kJ.

- $1,16 \text{ kJ/m}^3 \cdot ^\circ\text{C}$  es el valor medio de la energía que absorbe un metro cúbico de aire por grado Celsius de aumento de la temperatura del aire seco (a 35 °C y 760 mm Hg)

- $\Delta T$  es la diferencia de temperatura admisible entre el aire exterior y el aire de salida, se toma como valor 15 °C.

Una vez tengamos estos valores, podemos calcular la sección mínima de la rejilla de salida de aire:

$$S_{rs} = \frac{Q_a}{v_s}$$

Donde  $v_s$  se refiere a la velocidad de salida del aire en m/s, cuya expresión es la siguiente:

$$v_s = 4,6 \cdot \frac{\sqrt{H}}{\Delta T}$$

Siendo H la diferencia de cotas entre las rejillas superior e inferior, cuyo valor es 1,8 metros para todos los centros de transformación proyectados.

Por último la sección mínima de la rejilla de entrada se corresponde con 0,92 veces el valor de la sección mínima de la rejilla de salida.

En la siguiente tabla se exponen los valores usados para el cálculo del sistema de ventilación para los centros de transformación, la cual varía en función del tipo de transformador que aloja cada uno.

**Tabla 9** Sistema de ventilación

Centro de transformación	$S_{trafo}$ (kVA)	$P_{cu}$ (kW)	$P_{fe}$ (kW)	$Q_a$ (m <sup>3</sup> /s)	$S_{rs}$ (m <sup>2</sup> )	$S_{re}$ (m <sup>2</sup> )
CT1	400	3,85	0,52	0,2511	0,6104	0,5616
CT2	630	5,4	0,73	0,3523	0,8563	0,7878
Centro Comercial	250	2,75	0,36	0,1787	0,4344	0,3997
Hospital	250	2,75	0,36	0,1787	0,4344	0,3997

### 4.2.3 Red de puesta a tierra

En este apartado se desarrollarán los cálculos llevados a cabo para dimensionar las redes de puesta a tierra de protección y de servicio, siguiendo 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 cuanto a la red de protección, los datos de partida son los siguientes:

- Intensidad máxima admisible de defecto:  $I_d = 300 A$
- Tiempo de actuación de las protecciones:  $t = 1 s$
- Nivel de aislamiento en baja tensión:  $V_{BT} = 8000 V$
- Resistividad del terreno:  $\rho = 150 \Omega \cdot m$
- Resistividad superficial del hormigón:  $\rho_h = 3000 \Omega \cdot m$

Resistencia de puesta a tierra del neutro:  $R_n = 40 \Omega$

Inductancia de puesta a tierra del neutro:  $X_n = 0 \Omega$

Estos datos han sido proporcionados por la compañía distribuidora, a excepción de las resistividades del terreno y del hormigón, la primera de las cuales ha sido estimada siguiendo el Reglamento de Líneas de Alta Tensión (ITC-RAT 13).

Para realizar los cálculos se usarán las siguientes constantes, para tiempo de desconexión comprendido entre 0,9 y 3 segundos (1 segundo en el caso proyectado), sacadas del documento UNESA anteriormente citado.

$$K = 78,5$$

$$n = 0,18$$

El primer paso consiste en calcular los valores máximos de la tensión de paso,  $V_p$ , y la tensión de acceso al centro de transformación  $V_{pacc}$  a través de las siguientes expresiones:

$$V_p = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot \rho}{1000}\right) = 1491,5 V$$

$$V_{pacc} = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot \rho + 3 \cdot \rho_h}{1000}\right) = 8203,25 V$$

El siguiente paso será seleccionar el electrodo de puesta a tierra y comprobar que los valores de las tensiones para el sistema elegido no superen los valores máximos anteriormente calculados, así como el valor de la tensión de aislamiento de las instalaciones de baja tensión.

En este punto hay que distinguir entre los centros de transformación de compañía y los de abonado, al ser distintas las dimensiones de los mismos.

Empezaremos por los centros de transformación de compañía, cuyo modelo (pfu-5 de Ormazábal) tiene como dimensiones 6,08 metros de longitud y 2,38 metros de anchura, eligiéndose por tanto un el electrodo que tiene por dimensiones 8 x 4 metros.

Para estas dimensiones, se ha seleccionado el electrodo de puesta a tierra de código 80-40/5/82, compuesto por 8 picas de 2 metros de longitud y 14 milímetros de diámetro, clavadas a una profundidad de 0,5 metros, y cuyos parámetros para el cálculo de las tensiones a tener en cuenta son los siguientes:

$$\text{-Para el cálculo de la resistencia de puesta a tierra: } K_r = 0,065 \Omega/\Omega \cdot m$$

$$\text{-Para el cálculo de la tensión de paso: } K_p = 0,0134 \Omega/\Omega \cdot m$$

$$\text{-Para el cálculo de la tensión de acceso: } K_c = 0,0134 \Omega/\Omega \cdot m$$

Primero calcularemos la tensión de aislamiento en baja tensión, para lo cual antes habrá que hallar la resistencia de puesta a tierra y con ella la intensidad de defecto.

$$R'_t = K_r \cdot \rho = 9,75 \Omega$$

$$I'_d = \frac{U_{MT}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R'_t + R_n)^2 + X_n^2}} = 232,1 A$$

Con estos valores calculamos la tensión de aislamiento.

$$V'_{BT} = I'_d \cdot R'_t = 2262,98 V$$

Se cumple que este valor es inferior a los 8000 V que fija la compañía distribuidora como valor máximo.

A continuación calculamos la tensión de paso y la de acceso para el electrodo de puesta a tierra seleccionado:

$$V'_p = K_p \cdot \rho \cdot I'_d = 466,21 V$$

$$V'_{pacc} = K_c \cdot \rho \cdot I'_d = 988,75 V$$

Se comprueba que estos valores son inferiores a los valores máximos calculados con anterioridad, por tanto el sistema de puesta tierra seleccionado es válido.

Repetiremos el procedimiento para los centros de transformación de abonado. El modelo de estos es el pfu-4 de Ormazábal, cuyas dimensiones son 4,46 x 2,38 metros. Se ha tomado como electrodo de puesta a tierra aquel de dimensiones 6 x 4 metros.

Para estas dimensiones, se ha seleccionado el electrodo de puesta a tierra de código 60-40/5/82, compuesto por 8 picas de 2 metros de longitud y 14 milímetros de diámetro, clavadas a una profundidad de 0,5 metros, y cuyos parámetros para el cálculo de las tensiones a tener en cuenta son los siguientes:

$$\text{-Para el cálculo de la resistencia de puesta a tierra: } K_r = 0,072 \Omega/\Omega \cdot m$$

$$\text{-Para el cálculo de la tensión de paso: } K_p = 0,0154 \Omega/\Omega \cdot m$$

$$\text{-Para el cálculo de la tensión de acceso: } K_c = 0,0321 \Omega/\Omega \cdot m$$

Con estos valores repetimos los cálculos realizados para los CTs de abonado, obteniéndose:

$$V'_{BT} = 2454,88 V$$

$$V'_p = 649,31 \text{ V}$$

$$V'_{pacc} = 1353,43 \text{ V}$$

Nuevamente se verifica que ninguno de estos resultados supera los valores máximos establecidos.

La distancia de separación entre el sistema de tierra de protección y el de servicio se calcula mediante la siguiente expresión:

$$D = \frac{\rho \cdot I'_d}{2000 \cdot \pi} = 5,54 \text{ m}$$

### 4.3 Red de baja tensión

En este capítulo se desarrollarán los cálculos llevados a cabo para justificar el dimensionado de la red de baja tensión y sus protecciones.

Los conductores empleados serán de aluminio homogéneo, unipolares con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y cubierta de policloruro de vinilo (PVC) tipo RV. Su tensión nominal será 0,6/1 kV.

Los cables se enterrarán bajo tubo en zanjas de 80 cm de profundidad a lo largo de todo su recorrido. Los tubos serán de polietileno reticulado, tendrán un diámetro nominal de 160 mm y cada uno de ellos albergará un único circuito de BT.

Según las normas particulares de la compañía distribuidora hay dos secciones aceptadas para los conductores en baja tensión: 150 mm<sup>2</sup> y 240 mm<sup>2</sup>.

A continuación pasaremos a justificar la elección de una u otra sección de acuerdo con los siguientes criterios:

- Criterio térmico
- Criterio de caída de tensión
- Criterio económico

A partir de los dos primeros obtendremos una sección técnica para cada circuito a la cual le aplicaremos el criterio económico.

#### 4.3.1 Criterio térmico

Este criterio tiene como objetivo determinar la sección mínima para que el cable sea capaz de soportar las temperaturas provocadas por el paso de la corriente y no se deteriore con el tiempo.

El primer paso consistirá en calcular la intensidad de diseño de cada uno de los circuitos de la red a partir de la potencia que suministran y la tensión de la red. La fórmula es la siguiente:

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

Siendo:

- $P$  la potencia activa total que suministra el circuito en cuestión.
- $U$  la tensión nominal de la red, 400 V.
- $\cos \varphi$  el factor de potencia, que se ha considerado igual a 0,9 para todas las parcelas.

En la siguiente tabla se indican las intensidades de diseño de cada circuito, así como la potencia que suministra cada uno de ellos y el número y tipo de parcela al que atienden:

**Tabla 10** Criterio térmico BT: intensidades de diseño

Circuito	Parcelas	Potencia (kW)	Intensidad de diseño(A)
C1-1	5 x 200 m <sup>2</sup>	100	160,38
C1-2	4 x 200 m <sup>2</sup>	80	128,3
C1-3	4 x 200 m <sup>2</sup>	80	128,3
C1-4	4 x 200 m <sup>2</sup>	80	128,3
C1-5	6 x 200 m <sup>2</sup>	120	192,45
C1-6	2 x 200 m <sup>2</sup> , Concesionario	96,25	154,36
C2-1	10 x 100 m <sup>2</sup>	150	240,56
C2-2	6 x 100 m <sup>2</sup>	90	144,34
C2-3	6 x 100 m <sup>2</sup>	90	144,34
C2-4	10 x 100 m <sup>2</sup>	150	240,56
C2-5	6 x 100 m <sup>2</sup> , 2 x 200 m <sup>2</sup>	130	208,5
C2-6	4 x 100 m <sup>2</sup> , 3 x 200 m <sup>2</sup>	120	192,46
C2-7	6 x 100 m <sup>2</sup>	90	144,34
C2-8	2 x 100 m <sup>2</sup> , Tanatorio, Jardín	106,64	171

En cuanto a la nomenclatura empleada para designar los circuitos, los circuitos cuyo nombre comienza por C1 pertenecen al centro de transformación número 1 y aquellos que empiezan por C2 parten del centro de transformación número 2.

El siguiente paso consiste en hallar la intensidad máxima admisible para cada circuito, para lo cual previamente habrá que obtener una serie de factores de corrección a aplicar sobre las intensidades máximas admisibles dadas para cada sección.

Para ello empleamos las tablas que figuran en la norma UNE 211435, la cual sustituyó a la norma UNE 20435 diciembre de 2007, norma en la cual se basaba la instrucción técnica complementaria número 7 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Los factores de corrección a tener en cuenta y sus valores obtenidos de las tablas anteriormente citadas serán los siguientes:

**Tabla 11** Criterio térmico BT: factores de corrección

	Valor	Factor de corrección
Temperatura del terreno	25 °C	1
Resistividad térmica del terreno	1 K·m/W	1,1
Profundidad de la zanja	0,8 m	0,99

Además de éstos, se habrá de tener en cuenta un cuarto factor de corrección que depende de la configuración de la red de BT. Se trata del factor de corrección por agrupamiento de cables, y hace referencia al número de

circuitos que discurren en paralelo a lo largo de una misma zanja.

Según la ITC-BT-07 del REBT se considera que este factor es de aplicación cuando dos o más circuitos discurren en paralelo a lo largo de una distancia de al menos 15 metros, siempre y cuando, para distancias menores, el tubo que alberga los circuitos en cuestión se rellene con aglomerantes especiales. A este efecto y a fin de cumplir el criterio térmico para secciones más bajas, se ha previsto utilizar aglomerantes especiales en dos tramos de la red.

El primer tramo parte del centro de transformación número 1 y alberga los circuitos C1-3, C1-4, C1-5 y C1-6, con una longitud de 11,95 metros. En cuando al segundo tramo, parte del centro de transformación número dos y comprende los circuitos C2-5 y C2-6, con una longitud de 10,36 metros.

A continuación se expone el número de circuitos con el que comparte zanja cada circuito de la red, así como el factor de corrección a aplicar en cada caso.

**Tabla 12** Criterio térmico BT: factores de corrección por agrupación

Circuito	Circuitos agrupados	Factor de corrección por agrupación
C1-1	2	0,87
C1-2	2	0,87
C1-3	2	0,87
C1-4	2	0,87
C1-5	1	1
C1-6	1	1
C2-1	3	0,77
C2-2	3	0,77
C2-3	3	0,77
C2-4	3	0,77
C2-5	1	1
C2-6	1	1
C2-7	3	0,77
C2-8	3	0,77

Las intensidades máximas admisibles para cada una de las dos secciones aceptadas por la compañía distribuidora se obtienen a partir de las tablas de la norma UNE 211435 para cables de distribución de tipo RV, con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y conductor de aluminio, enterrados en zanja bajo tubo. Dichos valores se indican en la siguiente tabla:

**Tabla 13** Criterio térmico BT: intensidades máximas admisibles

Sección (mm <sup>2</sup> )	Intensidad máxima admisible (A)
150	230
240	305

El siguiente paso consiste en aplicar a cada una de estas intensidades los factores de corrección correspondientes a cada circuito, usando la fórmula:

$$I_z = I_{z0} \cdot f_t \cdot f_T \cdot f_p \cdot f_a$$

Donde:

- $I_z$  es la intensidad máxima admisible corregida.
- $I_{z0}$  es la intensidad máxima admisible obtenida directamente de las tablas de la norma en cuestión.
- $f_t$  es el factor de corrección por temperatura del terreno.
- $f_T$  es el factor de corrección por resistividad térmica del terreno.
- $f_p$  es el factor de corrección por profundidad de la zanja.
- $f_a$  es el factor de corrección por agrupación de circuitos.

Para cumplir con el criterio térmico, la intensidad de diseño del cable ha de ser menor que la intensidad máxima admisible corregida. A continuación se expone en una tabla la sección escogida para cada circuito cumpliendo con este criterio, mostrando para ello la intensidad de diseño de cada circuito, así como las intensidades máximas admisibles corregidas para cada una de las dos secciones aceptadas por la compañía distribuidora.

**Tabla 14** Criterio térmico BT: secciones escogidas

Circuito	$I_z$ (150 mm <sup>2</sup> ) (A)	$I_z$ (240 mm <sup>2</sup> ) (A)	Intensidad de diseño (A)	Sección (mm <sup>2</sup> )
C1-1	217,91	288,97	160,38	150
C1-2	217,91	288,97	128,3	150
C1-3	217,91	288,97	128,3	150
C1-4	217,91	288,97	128,3	150
C1-5	250,47	332,15	192,45	150
C1-6	250,47	332,15	154,36	150
C2-1	192,86	255,75	240,56	240
C2-2	192,86	255,75	144,34	150
C2-3	192,86	255,75	144,34	150
C2-4	192,86	255,75	240,56	240
C2-5	250,47	332,15	208,5	150
C2-6	250,47	332,15	192,46	150
C2-7	192,86	255,75	144,34	150
C2-8	192,86	255,75	171	150

#### 4.3.2 Criterio de caída de tensión

Se trata de comprobar que la caída de tensión a lo largo de cada uno de los circuitos no supera un límite porcentual establecido por la compañía distribuidora, dadas las secciones de los conductores obtenidas en el criterio térmico.

Según las normas particulares de ENDESA, las redes de distribución en BT se diseñarán teniendo en cuenta que, con la previsión de cargas actual o futura de la red, a ningún suministro debe llegar una tensión inferior al 93% de la tensión nominal de la red; ni a ninguna Caja General de Protección debe llegar una tensión inferior al 94,5% de dicha tensión nominal.

Por tanto la caída de tensión en cada uno de los circuitos no debe superar el 5,5% del valor de la tensión nominal, que en el caso proyectado se corresponde con 22 V.

La fórmula para el cálculo de la caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot (r \cdot \cos \varphi + x \cdot \text{sen } \varphi) \cdot \sum_i I_i \cdot l_i$$

Siendo:

- $r$  la resistencia del cable por unidad de longitud en  $\Omega/m$ .
- $x$  la inductancia del cable por unidad de longitud en  $\Omega/m$ .
- $I_i$  la intensidad que circula por el tramo  $i$ .
- $l_i$  la longitud del tramo  $i$ .

Los valores de la resistencia y la inductancia por unidad de longitud se obtienen de las tablas correspondientes del catálogo de los cables a emplear (catálogo Prysmian). En dichas tablas se especifican los valores de los coeficientes para el cálculo de la caída de tensión para factores de potencia 0,8 y 1, siendo necesario resolver el siguiente sistema para cada una de las dos secciones empleadas.

Para 150 mm<sup>2</sup>:

$$\text{Para } fdp = 1$$

$$0,45 = \sqrt{3} \cdot (r \cdot 1 + x \cdot 0)$$

$$\text{Para } fdp = 0,8$$

$$0,45 = \sqrt{3} \cdot [r \cdot 0,8 + x \cdot \text{sen}(36,87^\circ)]$$

Resolviendo el sistema:

$$r = 0,2598 \Omega/m$$

$$x = 0,0866 \Omega/m$$

Para 240 mm<sup>2</sup>:

$$\text{Para } fdp = 1$$

$$0,27 = \sqrt{3} \cdot (r \cdot 1 + x \cdot 0)$$

$$\text{Para } fdp = 0,8$$

$$0,3 = \sqrt{3} \cdot [r \cdot 0,8 + x \cdot \text{sen}(36,87^\circ)]$$

Resolviendo el sistema:

$$r = 0,1559 \Omega/m$$

$$x = 0,0808 \Omega/m$$

Una vez obtenidos estos valores, el siguiente paso consiste en hallar la intensidad que circula por cada tramo de cada uno de los circuitos, así como la longitud de los mismos. Una vez tengamos estos valores, podemos proceder al cálculo de la caída de tensión.

En la siguiente tabla se muestran los tramos en los que se divide cada circuito, así como la intensidad que transporta el cable en cada tramo.

**Tabla 15** Criterio de caída BT: Tramos (1)

Circuito	Sección (mm <sup>2</sup> )	Tramos	Longitud (m)	Intensidad (A)
C1-1	150	CT1 - 5.1	24,13	160,38
		5.1 - 5.2	19,97	96,23
		5.2 - 5.3	10,81	32,075
C1-2	150	CT1 - 2.1	65,36	128,3
		2.1 - 2.2	20	64,15
C1-3	150	CT1 - 4.1	34,1	128,3
		4.1 - 4.2	20	64,15
C1-4	150	CT1 - 4.1	75,32	128,3
		4.1 - 4.2	20	64,15
C1-5	150	CT1 - 5.1	24,31	192,45
		5.1 - 5.2	20	128,3
		5.2 - 5.3	62,31	64,15
C1-6	150	CT1 - 6.1	61,95	154,36
		6.1 - 6.2	11,23	90,21
C2-1	240	CT2 - 1.1	45	240,56
		1.1 - 1.2	24,04	216,5
		1.2 - 1.3	9,11	192,45
		1.3 - 1.4	15,38	144,34
		1.4 - 1.5	43,9	96,22
		1.5 - 1.6	15,38	48,11
C2-2	150	CT2 - 2.1	86,77	144,34
		2.1 - 2.2	8,63	120,28
		2.2 - 2.3	15,38	72,17
		2.3 - 2.4	48,05	24,06
C2-3	150	CT2 - 3.1	6,43	144,34
		3.1 - 3.2	15,38	96,23
		3.2 - 3.3	21,67	48,12

**Tabla 16** Criterio de caída BT: Tramos (2)

Circuito	Sección (mm <sup>2</sup> )	Tramos	Longitud (m)	Intensidad (A)
C2-4	240	CT2 - 4.1	8,96	240,56
		4.1 - 4.2	43,73	192,45
		4.2 - 4.3	15,38	144,34
		4.3 - 4.4	15,38	96,22
		4.3 - 4.5	26,38	48,11
C2-5	150	CT2 - 5.1	16,15	208,5
		5.1 - 5.2	15,38	160,39
		5.2 - 5.3	43,66	112,28
		5.3 - 5.4	13,28	64,16
C2-6	150	CT2 - 6.1	18,67	192,46
		6.1 - 6.2	58,17	144,35
		6.2 - 6.3	11,87	80,2
		6.2 - 6.4	8,53	48,12
C2-7	150	CT2 - 7.1	28,07	144,34
		7.1 - 7.2	42,65	96,23
		7.2 - 7.3	17,39	48,12
C2-8	150	CT2 - 8.1	45,47	171
		8.1 - 8.2	39,78	122,89
		8.2 - 8.3	27,21	122,89

Por último, se aplica la fórmula para el cálculo de la caída de tensión expuesta anteriormente para cada circuito, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 17** Criterio de caída BT: caídas de tensión

Circuito	Caída de tensión (V)	Caída de tensión (%)
C1-1	2,8851	0,7213
C1-2	4,5443	1,1361
C1-3	2,6593	0,6648
C1-4	5,1449	1,2862
C1-5	5,2836	1,3209
C1-6	3,2150	0,8038
C2-1	7,5900	1,8975
C2-2	7,4394	1,8598
C2-3	1,6219	0,4055
C2-4	4,7242	1,1811
C2-5	5,4465	1,3616
C2-6	6,2757	1,5689
C2-7	4,2265	1,0566
C2-8	7,5237	1,8809

Se comprueba que, para las secciones obtenidas mediante la aplicación del criterio térmico, en ninguno de los circuitos se obtiene una caída de tensión que supere los límites establecidos por la compañía distribuidora, por tanto se cumple el criterio de caída de tensión.

### 4.3.3 Criterio económico

Ahora que disponemos de la sección técnica podemos aplicar el criterio económico, que consiste en valorar la posibilidad de escoger una sección mayor que la técnica. El incremento de inversión deberá verse compensado por el ahorro energético que se obtiene al reducir las pérdidas.

Dado que solo existen dos secciones disponibles, este criterio se aplicará únicamente a aquellos circuitos cuya sección técnica sea 150 mm<sup>2</sup>, valorando la posibilidad de aumentar su sección a 240 mm<sup>2</sup>.

Para ello, emplearemos el VAN (Valor Actual Neto) que se define como la diferencia entre el ahorro actual total y el incremento de inversión inicial:

$$VAN = A_0 - \Delta I$$

Donde  $\Delta I$  se refiere al incremento de inversión inicial que supone el adquirir un cable de una sección mayor, y que se calcula usando la siguiente fórmula para las secciones a valorar:

$$\Delta I = (\text{Precio}_{240 \text{ mm}^2} - \text{Precio}_{150 \text{ mm}^2}) \cdot l \cdot N$$

En dicha fórmula el precio de los cables de ambas secciones se mide en €/m, la longitud del circuito en cuestión  $l$  en metros y  $N$  se refiere al número de conductores por cable, 3 en el caso proyectado.

El precio de ambas secciones por unidad de longitud se especifica en el catálogo de precios de Prysmian, marca elegida para este proyecto, y se indican a continuación:

**Tabla 18** Criterio económico BT: precios

Sección (mm <sup>2</sup> )	Precio (€/m)
150	25,799
240	41,269

Una vez conocemos el precio por unidad de longitud, podemos calcular el incremento de inversión inicial para los circuitos considerados en este criterio, es decir aquellos cuya sección técnica es 150 mm<sup>2</sup>. Los resultados se muestran en la tabla a continuación:

**Tabla 19** Criterio económico BT: incremento de inversión

Circuito	Longitud (m)	Inc. Inversión (€)
C1-1	114,55	5316,27
C1-2	94,26	4374,61
C1-3	103,97	4825,25
C1-4	107,72	4999,29
C1-5	108,57	5038,73
C1-6	102,44	4754,24
C2-2	165,98	7703,13
C2-3	56,37	2616,13
C2-5	99,62	4623,36
C2-6	107,63	4995,11
C2-7	94,64	4392,24
C2-8	126,5	5870,87

Pasamos ahora a calcular el ahorro actual total,  $A_0$ . La fórmula a emplear es la siguiente:

$$A_0 = \sum_{k=1}^n \frac{Ahorro \cdot P_e \cdot (1 + i)^{k-1}}{(1 + t)^k}$$

Siendo:

- *Ahorro* el ahorro anual de energía eléctrica en kWh que supone el empleo de una sección mayor para el cable en cuestión.
- $P_e$  el precio de la energía eléctrica, que se estima 0,12 €/kWh.
- $i$  la tasa de inflación anual del precio de la energía eléctrica, considerado de un 8%.
- $t$  la tasa de descuento anual del valor del ahorro, que se ha considerado de un 4%.
- $n$  es el número de años previstos de utilización de la instalación, que se estima en 25 años.

La fórmula para el cálculo de ahorro de energía es la siguiente:

$$Ahorro = [r_{150 \text{ mm}^2} - r_{240 \text{ mm}^2}] \cdot I_b^2 \cdot l \cdot H \cdot N$$

Donde:

-  $r$  se refiere a la resistencia por unidad de longitud para cada sección considerada. Se expresa en  $\Omega/m$  y su cálculo se desarrollará posteriormente.

-  $I_b$  es la intensidad de diseño del circuito en cuestión en amperios, multiplicada por el porcentaje sobre el total de la potencia instalada que se consume, estimada en un 80%.

-  $l$  la longitud del circuito en kilómetros.

-  $H$  el número de horas de consumo de energía anual. Para simplificar los cálculos se considera que cada la demanda requiere de un 80% de la potencia instalada durante 12 horas al día, 5 días a la semana, lo que resulta 3120 horas al año.

-  $N$  se refiere al número de conductores por cable, 3 en el caso a tratar.

Para el cálculo de la resistencia por unidad de longitud hay que calcular primero la temperatura de utilización del cable de cada uno de los circuitos y cada una de las secciones, cuya fórmula es la siguiente:

$$\theta_b = \theta_{ambiente} - (\theta_{m\acute{a}x adm} - \theta_{ambiente}) \cdot \left(\frac{I_b}{I_z}\right)^2$$

Donde  $I_z$  es la intensidad máxima admisible corregida calculada en el criterio térmico.

La temperatura ambiente considerada es de 25°C. En cuanto a la temperatura máxima admisible, depende del tipo de aislamiento empleado en el cable y se obtiene de la Tabla 2, "Cables aislados con aislamiento seco; temperatura máxima, en °C, asignada al conductor", de la ITC-BT-07 del REBT. Para aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) la temperatura máxima admisible en servicio permanente es de 90°C.

El valor de la resistencia por unidad de longitud a la temperatura máxima admisible ya fue calculado anteriormente en el criterio de caída de tensión, obteniéndose los valores:

$$r_{150 \text{ mm}^2}(90^{\circ}C) = 0,2598 \Omega/m$$

$$r_{240 \text{ mm}^2}(90^{\circ}C) = 0,1559 \Omega/m$$

La fórmula para obtener la resistencia a la temperatura de utilización es la siguiente:

$$r(\theta_b) = \frac{r(90^{\circ}C)}{1 + \alpha \cdot (90 - \theta_b)}$$

Donde  $\alpha$  es un factor igual a 0,004/K.

En la siguiente tabla se indican los valores de la temperatura de utilización y las resistencias por unidad de longitud de ambas secciones a dicha temperatura para cada uno de los circuitos objeto del criterio económico, así como las intensidades de diseño ponderadas al porcentaje de utilización considerado y la intensidad máxima admisible del cable.

**Tabla 20** Criterio económico BT: resistencias

Circuito	$I_b$ (A)	$I_z$ (A)	$\theta_b$ (°C)	$r_{150\text{ mm}^2}(\theta_b)$ ( $\Omega/m$ )	$r_{240\text{ mm}^2}(\theta_b)$ ( $\Omega/m$ )
C1-1	128,30	217,91	47,5341	0,2221	0,1333
C1-2	102,64	217,91	39,4209	0,2161	0,1297
C1-3	102,64	217,91	39,4209	0,2161	0,1297
C1-4	102,64	217,91	39,4209	0,2161	0,1297
C1-5	153,96	250,47	49,5594	0,2236	0,1342
C1-6	123,49	250,47	40,7998	0,2171	0,1303
C2-2	115,47	192,86	48,3014	0,2227	0,1336
C2-3	115,47	192,86	48,3014	0,2227	0,1336
C2-5	166,80	250,47	53,8266	0,2270	0,1362
C2-6	153,97	250,47	49,5620	0,2236	0,1342
C2-7	115,47	192,86	48,3014	0,2227	0,1336
C2-8	136,80	192,86	57,7040	0,2301	0,1381

Una vez hemos calculado las resistencias, podemos proceder al cálculo del ahorro de energía anual, y posteriormente al cálculo del ahorro actual usando las fórmulas expuestas anteriormente.

Los resultados de estos cálculos, así como el valor actual neto de la inversión para cada circuito se indican en la siguiente tabla.

**Tabla 21** Criterio económico BT: VAN

Circuito	Ahorro	A0	VAN
C1-1	1567,59	7378,53	2062,26
C1-2	803,22	3780,69	-593,91
C1-3	885,96	4170,15	-655,09
C1-4	917,91	4320,56	-678,72
C1-5	2154,27	10140,00	5101,26
C1-6	1269,37	5974,85	1220,61
C2-2	1844,62	8682,49	979,36
C2-3	626,47	2948,74	332,61
C2-5	2354,73	11083,55	6460,19
C2-6	2135,86	10053,34	5058,23
C2-7	1051,78	4950,66	558,42
C2-8	2038,87	9596,83	3725,96

Se observa que el VAN es positivo en todos los casos excepto en los circuitos C1-2, C1-3 y C1-4, por lo cual se decide cambiar la sección del resto de circuitos, usándose una sección de 240 mm<sup>2</sup> en estos.

Al verse aumentadas las secciones de los circuitos C2-5 y C2-6, podemos prescindir de utilizar aglomerantes especiales en la canalización que comparten ambos circuitos. Se comprueba que tras esta modificación siguen cumpliendo el criterio térmico.

**Tabla 22** Criterio económico BT: modificación de circuitos

Circuito	$I_{z0}$ (240 mm <sup>2</sup> ) (A)	$I_z$ (240 mm <sup>2</sup> ) (A)	Intensidad de diseño (A)
C2-5	305	288,97	208,5
C2-6	305	288,97	192,46

#### 4.3.4 Protecciones

Como se indica en la memoria descriptiva, cada circuito de la red de BT se protegerá en cabecera, en el cuadro de BT del centro de transformación correspondiente, mediante fusibles que protegerán al circuito ante sobrecargas y cortocircuitos que pudieran producirse en el mismo.

Para proteger al circuito frente a sobrecargas, cada fusible deberá cumplir las siguientes condiciones:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$$

Siendo:

- $I_b$  la corriente de diseño del circuito.

- $I_n$  la intensidad nominal o calibre del fusible.

- $I_z$  la intensidad máxima admisible corregida, para las secciones obtenidas tras aplicar el criterio económico.

- $I_2$  la intensidad de funcionamiento del fusible, cuyo valor es 1,6 veces el valor de  $I_n$ .

La segunda condición también se puede expresar como:

$$I_n \leq 0,9 \cdot I_z$$

En cuanto al calibre del fusible, los valores disponibles son, en amperios, los siguientes: 160, 200, 250, 315,... En la siguiente tabla se indica el valor escogido para cada circuito, cumpliendo las dos condiciones expuestas con anterioridad.

**Tabla 23** Protecciones BT: Calibre de los fusibles

Circuito	$I_b$ (A)	$I_z$ (A)	$0,9 \cdot I_z$ (A)	$I_n$ (A)
C1-1	160,38	288,97	260,07	200
C1-2	128,3	217,91	196,12	160
C1-3	128,3	217,91	196,12	160
C1-4	128,3	217,91	196,12	160
C1-5	192,45	332,15	298,94	200
C1-6	154,36	332,15	298,94	160
C2-1	240,56	255,75	230,18	250
C2-2	144,34	255,75	230,18	160
C2-3	144,34	255,75	230,18	160
C2-4	240,56	255,75	230,18	250
C2-5	208,5	332,15	298,94	250
C2-6	192,46	332,15	298,94	200
C2-7	144,34	255,75	230,18	160
C2-8	171	255,75	230,18	200

Se observa que todos los fusibles cumplen con las dos condiciones a excepción de los empleados en los circuitos C2-1 y C2-4, dado que no existe fusible dentro de la gama disponible cuyo calibre cumpla las dos condiciones, y no es posible aumentar la sección del conductor ya que el valor de esta ya es el máximo permitido por la compañía distribuidora. No obstante, la línea queda protegida en ambos casos, ya que el fusible, en caso de sobrecarga, actuaría antes de la saturación de los cables, al 97,75% de la intensidad máxima admisible, en lugar de al 90%, dado que  $I_n/I_z = 0,9775$ .

En cuanto a la protección ante cortocircuito, el fusible deberá cumplir con las siguientes condiciones:

$$PdC \geq I''_{km\acute{a}x}$$

$$t_{fun}(I''_{km\acute{a}x}) < t_{ad}(I''_{km\acute{a}x})$$

$$t_{fun}(I''_{km\grave{a}n}) < t_{ad}(I''_{km\grave{a}n})$$

Siendo:

- $PdC$  el poder de corte del fusible, que en el caso proyectado será de 120 kA en todos los casos.
- $I''_{km\acute{a}x}$  la corriente de cortocircuito subtransitoria máxima, es decir la que se da cuando se produce un cortocircuito trifásico justo al comienzo del cortocircuito cuando este se produce justo a la salida del dispositivo de protección.
- $I''_{km\grave{a}n}$  la corriente de cortocircuito subtransitoria máxima, es decir la que se da cuando se produce un cortocircuito monofásico justo al comienzo del cortocircuito cuando este se produce en el punto del circuito más alejado del dispositivo de protección.
- $t_{fun}$  el tiempo de funcionamiento del fusible, es decir el tiempo que tarda el fusible en cortar la corriente.
- $t_{ad}$  el tiempo admisible durante el cual el conductor soporta la corriente de cortocircuito.

Comenzaremos por calcular la intensidad de cortocircuito máxima. Para el cálculo de la misma es necesario conocer los valores de las impedancias del transformador del que parte cada circuito y de la red aguas arriba de los mismos. Los cálculos se realizarán de acuerdo con la norma UNE-EN 60909 “Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna”.

La fórmula para el cálculo del módulo de la impedancia de cortocircuito de la red aguas arriba es la siguiente:

$$Z_Q = \frac{c_{m\acute{a}x} \cdot U_{nQ}^2}{S''_{kQ}}$$

Donde:

- $c_{m\acute{a}x}$  es un factor de tensión para el cálculo de las corrientes de cortocircuitos máximas, cuyo valor en media tensión es 1,1 (Tabla 3 de la Norma CEI 60038).
- $U_{nQ}$  es la tensión nominal de la red aguas arriba, 20 kV en el caso proyectado.
- $S''_{kQ}$  es la potencia de cortocircuito de la red aguas arriba, cuyo valor, proporcionado por la compañía distribuidora, es de 500 MVA.

Realizando los cálculos obtenemos:

$$Z_Q = \frac{1,1 \cdot (20 \cdot 10^3)^2}{500 \cdot 10^6} = 0,88 \Omega$$

El siguiente paso consiste en calcular la parte real e imaginaria de esta impedancia, aplicando la norma:

$$X_Q = 0,995 \cdot Z_Q = 0,8756 \Omega$$

$$R_Q = 0,1 \cdot X_Q = 0,08756 \Omega$$

A continuación pasamos el valor de  $Z_Q$  al lado de baja tensión dividiendo por el cuadrado de la relación de transformación:

$$Z_{QBT} = \frac{Z_Q}{r_t^2} = \frac{0,08756 + 0,8756 j}{\left(\frac{20}{0,4}\right)^2} = 3,5 \cdot 10^{-5} + 3,5 \cdot 10^{-4} j \Omega$$

Para el cálculo de la impedancia de cortocircuito habrá que distinguir entre los circuitos que parten del centro de transformación número 1 y los que lo hacen del número 2, al ser distintas las potencias nominales de los transformadores de estos CTs.

La fórmula para el cálculo del módulo de la impedancia de cortocircuito de la red aguas arriba es la siguiente:

$$Z_T = \frac{u_{kr}}{100} \cdot \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}}$$

Siendo:

- $u_{kr}$  la tensión de cortocircuito en tanto por ciento a la corriente asignada, 4%.

- $U_{rT}$  la tensión asignada del transformador en el lado de baja tensión, 400 V.

- $S_{rT}$  la potencia aparente asignada del transformador, 400 kVA en el caso del CT número 1 y 630 kVA para el CT número 2.

Los valores de esta impedancia para los circuitos conectados a los centros de transformación 1 y 2 serán:

$$Z_{T1} = 0,016 \Omega$$

$$Z_{T2} = 0,01016 \Omega$$

A continuación hallamos la parte resistiva a través de la siguiente expresión:

$$R_T = \frac{P_{krT}}{3 \cdot I_{rT}^2}$$

Donde:

- $P_{krT}$  son las pérdidas totales del transformador en los devanados a la corriente asignada. Su valor es de 3850 W para los transformadores del CT número 1 y de 5400 W para los del CT número 2.

- $I_{rT}$  es la corriente asignada del transformador en el lado de baja tensión.

La intensidad en el lado de baja tensión de los transformadores se calcula mediante la siguiente expresión:

$$I_{rT} = \frac{S_{rT}}{\sqrt{3} \cdot U_{rT}}$$

El resultado para los transformadores de cada uno de los dos centros de transformación es:

$$I_{rT1} = 577,35 A$$

$$I_{rT2} = 909,33 A$$

Con esto ya podemos calcular el valor de la parte resistiva de la impedancia de cortocircuito, obteniéndose como resultado:

$$R_{T1} = 3,85 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$R_{T2} = 2,18 \cdot 10^{-3} \Omega$$

Despejando de la expresión del módulo de la impedancia de cortocircuito llegamos a la siguiente expresión para el cálculo de la parte inductiva:

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}$$

Aplicándola obtenemos los siguientes valores:

$$X_{T1} = 0,0155 \Omega$$

$$X_{T2} = 0,0099 \Omega$$

El siguiente paso consiste en aplicar a la impedancia calculada un factor de corrección.

$$Z_{KT} = K_T \cdot Z_T$$

Dicho factor se calcula mediante la siguiente expresión:

$$K_T = 0,95 \cdot \frac{C_{m\acute{a}x}}{1 + 0,6 \cdot x_T}$$

Siendo  $x_T$  la reactancia relativa del transformador, cuya expresión es:

$$x_T = \frac{X_T}{\left(\frac{U_{rT}^2}{S_{rT}}\right)}$$

Los valores de esta reactancia para cada uno de los dos casos son:

$$x_{T1} = 0,0388$$

$$x_{T2} = 0,0390$$

Aplicando estos valores para el cálculo del factor de corrección obtenemos:

$$K_{T1} = 1,0212$$

$$K_{T2} = 1,0211$$

Finalmente, los valores de la impedancia corregida para los circuitos que parten de cada uno de los dos centros de transformación son:

$$Z_{KT1} = 3,93 \cdot 10^{-3} + 1,58 \cdot 10^{-2} j \Omega$$

$$Z_{KT2} = 2,23 \cdot 10^{-3} + 1,01 \cdot 10^{-2} j \Omega$$

Una vez tenemos las impedancias de cortocircuito de la red aguas arriba y del transformador, podemos proceder al cálculo de la intensidad de cortocircuito máxima, cuya expresión es la siguiente:

$$I''_{kmáx} = \frac{c_{máx} \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_K}$$

Donde  $Z_K$  se refiere al módulo de la suma de las impedancias de cortocircuito de la red aguas arriba y el transformador, cuyo valor para los dos casos considerados es el siguiente:

$$Z_{K1} = 0,0166 \Omega$$

$$Z_{K2} = 0,0107 \Omega$$

Los valores obtenidos en el cálculo de la corriente de cortocircuito máxima en los circuitos conectados a los centros de transformación 1 y 2 son:

$$I''_{kmáx1} = 15,3 \text{ kA}$$

$$I''_{kmáx2} = 23,74 \text{ kA}$$

El poder de corte de los fusibles es de 120 kA, por lo que se cumple sobradamente la primera condición para la protección ante cortocircuitos.

A continuación calcularemos la intensidad de cortocircuito mínima en cada uno de los circuitos, a fin de calcular el tiempo de funcionamiento del fusible para esta corriente y comprobar seguidamente si este cumple con las otras dos condiciones.

Para el cálculo de esta corriente será necesario conocer el valor de la impedancia de los cables de la red de baja tensión para cada circuito, tanto el valor de la impedancia de secuencia directa, como el de secuencia homopolar y el del neutro. Los valores de estas impedancias se obtienen directamente del catálogo de cables Prysmian.

En la siguiente tabla se indican los valores en ohmios de las impedancias citadas anteriormente:

**Tabla 24** Protecciones BT: impedancia de los cables de la red de BT

Circuito	$R_1$	$X_1$	$R_0$	$X_0$	$R_n$	$X_n$
C1-1	0,0179	0,0093	0,0268	0,0231	0,0298	0,0099
C1-2	0,0245	0,0082	0,0367	0,0204	0,0381	0,0082
C1-3	0,0270	0,0090	0,0405	0,0225	0,0420	0,0090
C1-4	0,0280	0,0093	0,0420	0,0233	0,0435	0,0093
C1-5	0,0169	0,0088	0,0254	0,0219	0,0282	0,0094
C1-6	0,0160	0,0083	0,0240	0,0207	0,0266	0,0089
C2-1	0,0241	0,0125	0,0362	0,0313	0,0402	0,0134
C2-2	0,0259	0,0134	0,0388	0,0335	0,0431	0,0144
C2-3	0,0088	0,0046	0,0132	0,0114	0,0146	0,0049
C2-4	0,0175	0,0091	0,0263	0,0227	0,0292	0,0097
C2-5	0,0155	0,0080	0,0233	0,0201	0,0259	0,0086
C2-6	0,0168	0,0087	0,0252	0,0217	0,0280	0,0093
C2-7	0,0148	0,0076	0,0221	0,0191	0,0246	0,0082
C2-8	0,0197	0,0102	0,0296	0,0256	0,0329	0,0110

Con estos valores podemos proceder al cálculo de la intensidad de cortocircuito mínima, cuya expresión es la siguiente:

$$I''_{kmin} = \frac{\sqrt{3} \cdot c_{min} \cdot U_n}{2 \cdot Z_1 + Z_0 + 3 \cdot Z_n}$$

Donde  $c_{min}$  es un factor de tensión para el cálculo de las corrientes de cortocircuitos mínimas, cuyo valor en baja tensión es 0,95 (Tabla 1 de la Norma CEI 60038) y los valores de las impedancias se refieren al módulo de las mismas.

Los valores de la intensidad de cortocircuito mínima obtenidos para cada circuito son los siguientes:

**Tabla 25** Protecciones BT: intensidades de cortocircuito mínimas

Circuito	$I''_{kmin} (kA)$
C1-1	3,8777
C1-2	3,1265
C1-3	2,8345
C1-4	2,7359
C1-5	4,0912
C1-6	4,3361
C2-1	2,8700
C2-2	2,6761
C2-3	7,8798
C2-4	3,9543
C2-5	4,4588
C2-6	4,1270
C2-7	4,6934
C2-8	3,5114

Una vez tenemos los valores de las intensidades de cortocircuito máximas y mínimas podemos proceder al cálculo del tiempo de funcionamiento de los fusibles para estas corrientes, cuya expresión es la siguiente:

$$t_{ad} = \frac{K^2 \cdot S^2}{I''_k{}^2}$$

Donde:

-  $K$  es una constante empleada en el cálculo del tiempo de calentamiento del cable. Su valor es de para las características del cable en cuestión (conductor de aluminio, aislamiento de XLPE, cubierta de PVC y sección inferior a 300 mm<sup>2</sup>) es de 66, según Norma UNE 211003-1.

-  $S$  es la suma de las secciones de los conductores del cable en mm<sup>2</sup>

Los valores de los tiempos admisibles ante intensidades de cortocircuito máximas y mínimas para cada uno de los circuitos se muestran a continuación:

**Tabla 26** Protecciones BT: tiempos admisibles

Circuito	$t_{ad}(I''_{k\acute{m}ax})(s)$	$t_{ad}(I''_{k\acute{m}in})(s)$
C1-1	9,6465	150,1800
C1-2	3,7682	90,2373
C1-3	3,7682	109,7861
C1-4	3,7682	117,8485
C1-5	9,6465	134,9092
C1-6	9,6465	120,1050
C2-1	4,0067	274,1546
C2-2	4,0067	315,3069
C2-3	4,0067	36,3679
C2-4	4,0067	144,4154
C2-5	4,0067	113,5835
C2-6	4,0067	132,5833
C2-7	4,0067	102,5112
C2-8	4,0067	183,1484

Dado que el tiempo de funcionamiento del fusible es del orden de 0,02 segundos en el caso más restrictivo (para una intensidad de cortocircuito lo menor posible, se da un tiempo de funcionamiento mayor), se concluye que los fusibles seleccionados cumplen los dos últimos criterios.

## 4.4 Red de alumbrado público

Para decidir el número de luminarias y su disposición a lo largo de las vías del polígono se ha llevado a cabo un estudio luminotécnico usando el programa DIALux 4.13.

La luminaria a utilizar será modelo CDM-T70W de PHILIPS, con carcasa CGP431 FG y difusor OR P5. La potencia de esta luminaria es de 85 W, y ofrece un flujo luminoso de 6600 lúmenes. Las características tanto lumínicas como eléctricas se justificarán en los siguientes apartados.

### 4.4.1 Cálculos luminotécnicos

Para realizar estos cálculos se debe tener en cuenta el tipo y características de la vía a tratar. En el caso proyectado se trata de una vía que discurre por un polígono industrial, con una calzada con 8 metros de ancho y una acera a cada lado de la misma, de 3 metros de anchura en el caso más desfavorable. En ocasiones una o dos de las aceras miden 1,5 metros de ancho, sin embargo se dimensionará la red de alumbrado teniendo en cuenta las condiciones más restrictivas (ambas aceras de 3 metros).

Dadas las características anteriormente mencionadas, y según el Reglamento de Eficiencia Energética en su Instrucción Técnica Complementaria número 2, nos encontramos ante una vía de tipo CE5, para la que se especifican los siguientes límites en lo referidas a la iluminancia horizontal:

-Iluminancia Media  $E_m$ : 7,5 lux

-Uniformidad Media  $U_m$ : 0,4

Las luminarias se instalarán a 8 metros de altura sobre la acera, dispuestas en tresbolillo guardando 20 metros de separación unas de otras. Para esta posición y dadas las características de la luminaria seleccionada, el programa de cálculo ofrece los siguientes resultados:

-Iluminancia Media  $E_m$ : 22,14 lux

-Uniformidad Media  $U_m$ : 0,4

Para la realización de estos cálculos se ha considerado un factor de mantenimiento de 0,8.

Se concluye que tanto la luminaria como su disposición a lo largo de las vías son válidas al cumplir con lo establecido en la reglamentación al respecto.

#### 4.4.2 Cálculos eléctricos

En este apartado se especificarán los cálculos realizados para dimensionar tanto la sección de los conductores como las protecciones de la red de alumbrado.

Los conductores a emplear serán de cobre, unipolares y con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE). La tensión asignada del cable será de 0,6/1 kV.

Los cables se enterrarán bajo tubo en zanjas de 80 cm de profundidad a lo largo de todo su recorrido. Los tubos serán de polietileno reticulado, tendrán un diámetro nominal de 60 mm y cada uno de ellos albergará un único circuito de BT.

Según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, en su Instrucción Técnica Complementaria número 9, referente a instalaciones de alumbrado exterior, la sección mínima a emplear será de 6 mm<sup>2</sup>.

Se partirá de esta sección para evaluar el cumplimiento de los criterios térmico y de caída de tensión en cada uno de los circuitos de la red de alumbrado. Los procedimientos empleados en el cálculo de las secciones de los conductores de la red de baja tensión son igualmente aplicables en este caso.

##### 4.4.2.1 Criterio térmico

Este criterio tiene como objetivo determinar la sección mínima para que el cable sea capaz de soportar las temperaturas provocadas por el paso de la corriente y no se deteriore con el tiempo.

El primer paso consistirá en calcular la intensidad de diseño de cada uno de los circuitos de la red a partir de la potencia que suministran y la tensión de la red. La fórmula es la siguiente:

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

Siendo:

-  $P$  la potencia activa total que suministra el circuito en cuestión.

-  $U$  la tensión nominal de la red, 400 V.

-  $\cos \varphi$  el factor de potencia, cuyo valor según la ITC-BT-09 del REBT ha de ser 0,9 en todos los casos.

En la siguiente tabla se indican el número de luminarias, la potencia y la intensidad de diseño de cada uno de los circuitos de la red de alumbrado:

**Tabla 27** Criterio térmico alumbrado: intensidades de diseño

Circuito	Luminarias	Potencia (W)	Intensidad de diseño(A)
Ca1-1	11	935	1,5
Ca1-2	10	850	1,36
Ca1-3	9	765	1,23
Ca1-4	9	765	1,23
Ca2-1	11	935	1,5
Ca2-2	11	935	1,5
Ca2-3	10	850	1,36
Ca2-4	11	935	1,5

El siguiente paso consiste en hallar la intensidad máxima admisible para cada circuito, para lo cual previamente habrá que obtener una serie de factores de corrección a aplicar sobre las intensidades máximas admisibles dadas para cada sección.

Para ello empleamos las tablas que figuran en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Los factores de corrección a tener en cuenta y sus valores obtenidos de las tablas anteriormente citadas serán los siguientes:

**Tabla 28** Criterio térmico alumbrado: factores de corrección

	Valor	Factor de corrección
Temperatura del terreno	25 °C	1
Resistividad térmica del terreno	1 K·m/W	1,1
Profundidad de la zanja	0,8 m	0,99
Cable bajo tubo	-	0,8

En este caso, y a diferencia de lo que sucedía en la red de baja tensión, se aplica un factor de 0,8 debido a que los circuitos se instalan bajo tubos, no siendo necesario tener en cuenta el número de circuitos que discurren en paralelo a lo largo de una misma zanja.

La intensidad máxima admisible para el conductor de las características descritas en la introducción de este apartado, para la sección de 6 mm<sup>2</sup> es de 66 A. A esta intensidad se le aplican los factores de corrección siguiendo la expresión:

$$I_z = I_{z0} \cdot f_t \cdot f_T \cdot f_p \cdot f_e$$

Donde:

- $I_z$  es la intensidad máxima admisible corregida.

- $I_{z0}$  es la intensidad máxima admisible obtenida directamente de las tablas de la norma en cuestión.

- $f_t$  es el factor de corrección por temperatura del terreno.

- $f_T$  es el factor de corrección por resistividad térmica del terreno.

- $f_p$  es el factor de corrección por profundidad de la zanja.

- $f_e$  es el factor de corrección por canalización entubada.

Esta expresión da como resultado una intensidad máxima admisible de 71,87 A para la sección en cuestión. En la siguiente tabla se observa que ninguno de los circuitos supera en su intensidad de diseño a este valor, cumpliendo el criterio térmico en todos los casos para una sección de 6 mm<sup>2</sup>.

**Tabla 29** Criterio térmico alumbrado: secciones escogidas

Circuito	$I_{z0}$ (6 mm <sup>2</sup> ) (A)	$I_z$ (6 mm <sup>2</sup> ) (A)	Intensidad de diseño (A)	Sección (mm <sup>2</sup> )
C1-1	66	71,87	1,5	6
C1-2	66	71,87	1,36	6
C1-3	66	71,87	1,23	6
C1-4	66	71,87	1,23	6
C2-1	66	71,87	1,5	6
C2-2	66	71,87	1,5	6
C2-3	66	71,87	1,36	6
C2-4	66	71,87	1,5	6

#### 4.4.2.2 Criterio de caída de tensión

Se trata de comprobar que la caída de tensión a lo largo de cada uno de los circuitos no supera un límite porcentual establecido por la compañía distribuidora, dadas las secciones de los conductores obtenidas en el criterio térmico.

El valor máximo para la caída de tensión en un circuito de red de alumbrado queda establecido en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, en su Instrucción Técnica Complementaria número 9, y es de un 3% del valor nominal de la tensión de la red, es decir, una caída máxima de 12 V.

Por tanto la caída de tensión en cada uno de los circuitos no debe superar el 5,5% del valor de la tensión nominal, que en el caso proyectado se corresponde con 22 V.

La fórmula para el cálculo de la caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot (r \cdot \cos \varphi + x \cdot \sen \varphi) \cdot \sum_i I_i \cdot l_i$$

Siendo:

- $r$  la resistencia del cable por unidad de longitud en  $\Omega/m$ .
- $x$  la inductancia del cable por unidad de longitud en  $\Omega/m$ .
- $I_i$  la intensidad que circula por el tramo  $i$ .
- $l_i$  la longitud del tramo  $i$ .

Los valores de la resistencia y la inductancia por unidad de longitud se obtienen de las tablas correspondientes del catálogo de los cables a emplear (catálogo Prysmian). En dichas tablas se especifican los valores de los coeficientes para el cálculo de la caída de tensión para factores de potencia 0,8 y 1, siendo necesario resolver el siguiente sistema para la sección a emplear, 6 mm<sup>2</sup>.

Para  $f_{dp} = 1$

$$6,74 = \sqrt{3} \cdot (r \cdot 1 + x \cdot 0)$$

Para  $f_{dp} = 0,8$

$$5,51 = \sqrt{3} \cdot [r \cdot 0,8 + x \cdot \text{sen}(36,87^\circ)]$$

Resolviendo el sistema:

$$r = 3,8913 \Omega/m$$

$$x = 0,1135 \Omega/m$$

Una vez obtenidos estos valores, el siguiente paso consiste en hallar la intensidad que circula por cada tramo de cada uno de los circuitos, así como la longitud de los mismos. Una vez tengamos estos valores, podemos proceder al cálculo de la caída de tensión.

En la siguiente tabla se muestran los tramos en los que se divide cada circuito, así como la intensidad que transporta el cable en cada tramo.

**Tabla 30** Criterio de caída alumbrado: tramos (1)

Circuito	Sección (mm <sup>2</sup> )	Tramos	Longitud (m)	Intensidad (A)
Ca1-1	6	CT1-1.1	15,71	1,5
		1.1-1.2	28,7	1,36
		1.2-1.3	37,7	1,23
		1.3-1.4	38,62	1,09
		1.4-1.5	35,31	0,95
		1.5-1.6	26,76	0,82
		1.6-1.7	35,13	0,68
		1.7-1.8	63,48	0,55
		1.8-1.9	36,88	0,41
		1.9-1.10	41,42	0,27
		1.10-1.11	34,85	0,14
Ca1-2	6	CT1-2.1	96,88	1,36
		2.1-2.2	34,67	1,23
		2.2-2.3	35,51	1,09
		2.3-2.4	25,98	0,95
		2.4-2.5	48,59	0,82
		2.5-2.6	21,74	0,68
		2.6-2.7	39,96	0,55
		2.7-2.8	37,38	0,41
		2.8-2.9	31,67	0,27
		2.9-2.10	35,09	0,14

**Tabla 31** Criterio de caída alumbrado: tramos (2)

Circuito	Sección (mm <sup>2</sup> )	Tramos	Longitud (m)	Intensidad (A)
Ca1-3	6	CT1-3.1	13,61	1,23
		3.1-3.2	34,63	1,09
		3.2-3.3	35,39	0,95
		3.3-3.4	29,78	0,82
		3.4-3.5	46,29	0,68
		3.5-3.6	28,65	0,55
		3.6-3.7	35,12	0,41
		3.7-3.8	37,9	0,27
		3.8-3.9	34,9	0,14
Ca1-4	6	CT1-4.1	21,05	1,23
		4.1-4.2	36,84	1,09
		4.2-4.3	27,22	0,95
		4.3-4.4	26,35	0,82
		4.4-4.5	29,5	0,68
		4.5-4.6	34,26	0,55
		4.6-4.7	21,64	0,41
		4.7-4.8	52,68	0,27
		4.8-4.9	36,15	0,14
Ca2-1	6	CT2-1.1	34,65	1,5
		1.1-1.2	35,17	1,36
		1.2-1.3	28,95	1,23
		1.3-1.4	35,85	1,09
		1.4-1.5	26,37	0,95
		1.5-1.6	30,5	0,82
		1.6-1.7	24,93	0,68
		1.7-1.8	43,37	0,55
		1.8-1.9	32,03	0,41
		1.9-1.10	31,66	0,27
		1.10-1.11	21,98	0,14

**Tabla 32** Criterio de caída alumbrado: tramos (3)

Circuito	Sección (mm <sup>2</sup> )	Tramos	Longitud (m)	Intensidad (A)
Ca2-2	6	CT2-2.1	25,64	1,5
		2.1-2.2	26,25	1,36
		2.2-2.3	57,94	1,23
		2.3-2.4	29,63	1,09
		2.4-2.5	34,14	0,95
		2.5-2.6	28,33	0,82
		2.6-2.7	33,93	0,68
		2.7-2.8	28,24	0,55
		2.8-2.9	29,39	0,41
		2.9-2.10	31,03	0,27
		2.10-2.11	37,04	0,14
Ca2-3	6	CT2-3.1	33,64	1,36
		3.1-3.2	35,46	1,23
		3.2-3.3	28,83	1,09
		3.3-3.4	31,72	0,95
		3.4-3.5	30,65	0,82
		3.5-3.6	27,2	0,68
		3.6-3.7	42,92	0,55
		3.7-3.8	35,22	0,41
		3.8-3.9	28,07	0,27
		3.9-3.10	27,44	0,14
Ca2-4	6	CT2-4.1	3,78	1,5
		4.1-4.2	34,61	1,36
		4.2-4.3	16,58	1,23
		4.3-4.4	35,05	1,09
		4.4-4.5	57,41	0,95
		4.5-4.6	30,02	0,82
		4.6-4.7	27,52	0,68
		4.7-4.8	19,41	0,55
		4.8-4.9	35,34	0,41
		4.9-4.10	31,41	0,27
		4.10-4.11	28,06	0,14

Por último, se aplica la fórmula para el cálculo de la caída de tensión expuesta anteriormente para cada circuito, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 33** Criterio de caída alumbrado: caídas de tensión

Circuito	Caída de tensión (V)	Caída de tensión (%)
Ca1-1	1,0532	0,2633
Ca1-2	1,2188	0,3047
Ca1-3	0,6722	0,1681
Ca1-4	0,6413	0,1603
Ca2-1	1,0304	0,2576
Ca2-2	1,057	0,2642
Ca2-3	0,8667	0,2167
Ca2-4	0,8765	0,2191

Se comprueba que, para la sección de 6 mm<sup>2</sup>, en ninguno de los circuitos se obtiene una caída de tensión que supere los límites establecidos por la compañía distribuidora, por tanto se cumple el criterio de caída de tensión.

#### 4.4.2.3 Protecciones

Como se indica en la memoria descriptiva, cada circuito de la red de alumbrado se protegerá en cabecera, en el cuadro de BT del centro de transformación correspondiente, mediante fusibles que protegerán al circuito ante sobrecargas y cortocircuitos que pudieran producirse en el mismo.

Para proteger al circuito frente a sobrecargas, cada fusible deberá cumplir las siguientes condiciones:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$$

Siendo:

- $I_b$  la corriente de diseño del circuito.

- $I_n$  la intensidad nominal o calibre del fusible.

- $I_z$  la intensidad máxima admisible corregida, para las secciones obtenidas tras aplicar el criterio económico.

- $I_2$  la intensidad de funcionamiento del fusible, cuyo valor es 1,6 veces el valor de  $I_n$ .

La segunda condición también se puede expresar como:

$$I_n \leq 0,9 \cdot I_z$$

En cuanto al calibre del fusible, los valores disponibles son, en amperios, los siguientes: 6, 10, 16, 20,... En la siguiente tabla se indica el valor escogido para cada circuito, cumpliendo las dos condiciones expuestas con anterioridad.

**Tabla 34** Protecciones alumbrado: calibre de los fusibles

Circuito	$I_b$ (A)	$I_z$ (A)	$0,9 \cdot I_z$ (A)	$I_n$ (A)
C1-1	1,5	71,87	64,683	6
C1-2	1,36	71,87	64,683	6
C1-3	1,23	71,87	64,683	6
C1-4	1,23	71,87	64,683	6
C2-1	1,5	71,87	64,683	6
C2-2	1,5	71,87	64,683	6
C2-3	1,36	71,87	64,683	6
C2-4	1,5	71,87	64,683	6

En cuanto a la protección ante cortocircuito, el fusible deberá cumplir con las siguientes condiciones:

$$PdC \geq I''_{km\acute{a}x}$$

$$t_{fun}(I''_{km\acute{a}x}) < t_{ad}(I''_{km\acute{a}x})$$

$$t_{fun}(I''_{km\acute{m}n}) < t_{ad}(I''_{km\acute{m}n})$$

Siendo:

-  $PdC$  el poder de corte del fusible, que en el caso proyectado será de 120 kA en todos los casos.

-  $I''_{km\acute{a}x}$  la corriente de cortocircuito subtransitoria máxima, es decir la que se da cuando se produce un cortocircuito trifásico justo al comienzo del cortocircuito cuando este se produce justo a la salida del dispositivo de protección.

-  $I''_{km\acute{m}n}$  la corriente de cortocircuito subtransitoria máxima, es decir la que se da cuando se produce un cortocircuito monofásico justo al comienzo del cortocircuito cuando este se produce en el punto del circuito más alejado del dispositivo de protección.

-  $t_{fun}$  el tiempo de funcionamiento del fusible, es decir el tiempo que tarda el fusible en cortar la corriente.

-  $t_{ad}$  el tiempo admisible durante el cual el conductor soporta la corriente de cortocircuito.

El cálculo de la corriente de cortocircuito subtransitoria máxima ya se realizó para el apartado de protecciones de la red de baja tensión, siendo los resultados obtenidos para cada centro de transformación igualmente válidos para la red de alumbrado.

$$I''_{km\acute{a}x1} = 15,3 \text{ kA}$$

$$I''_{km\acute{a}x2} = 23,74 \text{ kA}$$

El poder de corte de los fusibles es de 120 kA, por lo que se cumple sobradamente la primera condición para la protección ante cortocircuitos.

A continuación calcularemos la intensidad de cortocircuito mínima en cada uno de los circuitos, a fin de calcular el tiempo de funcionamiento del fusible para esta corriente y comprobar seguidamente si este cumple con las otras dos condiciones.

Para el cálculo de esta corriente será necesario conocer el valor de la impedancia de los cables de la red de baja tensión para cada circuito, tanto el valor de la impedancia de secuencia directa, como el de secuencia

homopolar y el del neutro. Los valores de estas impedancias se obtienen directamente del catálogo de cables Prysmian.

En la siguiente tabla se indican los valores en ohmios de las impedancias citadas anteriormente:

**Tabla 35** Protecciones alumbrado: impedancias de la red de alumbrado

Circuito	$R_1$	$X_1$	$R_0$	$X_0$	$R_n$	$X_n$
Ca1-1	1,6737	0,0488	2,5105	0,1220	1,6737	0,0488
Ca1-2	1,6107	0,0470	2,4160	0,1174	1,6107	0,0470
Ca1-3	1,1638	0,0339	1,7457	0,0849	1,1638	0,0339
Ca1-4	1,2095	0,0353	1,8142	0,0882	1,2095	0,0353
Ca2-1	1,5146	0,0442	2,2720	0,1104	1,5146	0,0442
Ca2-2	1,4178	0,0414	2,1267	0,1034	1,4178	0,0414
Ca2-3	1,2569	0,0367	1,8853	0,0917	1,2569	0,0367
Ca2-4	1,3438	0,0392	2,0157	0,0980	1,3438	0,0392

Con estos valores podemos proceder al cálculo de la intensidad de cortocircuito mínima, cuya expresión es la siguiente:

$$I''_{kmin} = \frac{\sqrt{3} \cdot c_{min} \cdot U_n}{2 \cdot Z_1 + Z_0 + 3 \cdot Z_n}$$

Donde  $c_{min}$  es un factor de tensión para el cálculo de las corrientes de cortocircuitos mínimas, cuyo valor en baja tensión es 0,95 (Tabla 1 de la Norma CEI 60038) y los valores de las impedancias se refieren al módulo de las mismas.

Los valores de la intensidad de cortocircuito mínima obtenidos para cada circuito son los siguientes:

**Tabla 36** Protecciones alumbrado: intensidades de cortocircuito mínimas

Circuito	$I''_{kmin} (A)$
Ca1-1	60,4639
Ca1-2	62,8289
Ca1-3	86,9567
Ca1-4	83,6721
Ca2-1	66,8126
Ca2-2	71,3768
Ca2-3	80,5143
Ca2-4	75,3081

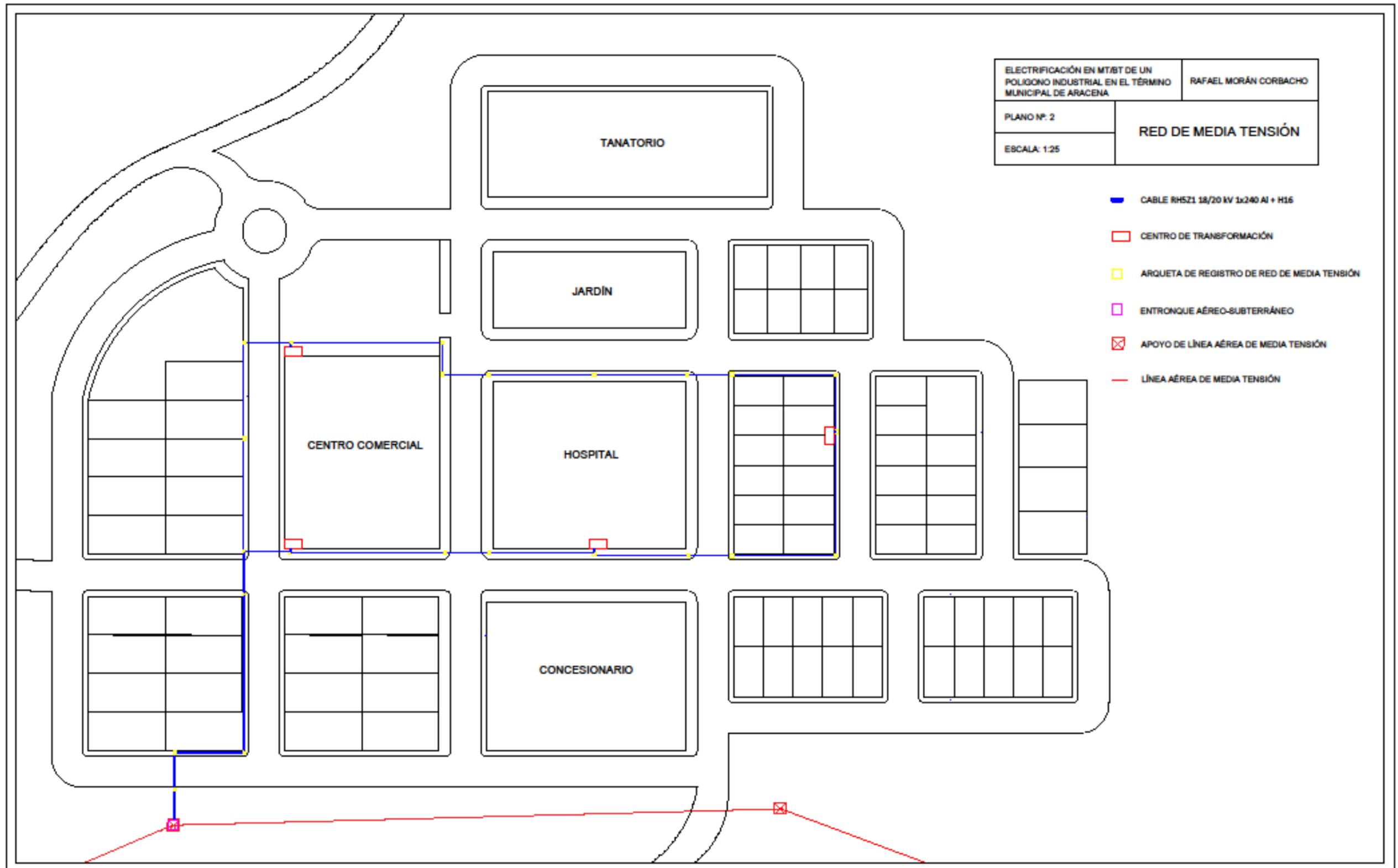
Dado que para el valor más restrictivo de intensidad de cortocircuito (el menor de ellos, 60,4639 A) se da el disparo instantáneo del dispositivo de protección (tiempo de funcionamiento cero) se concluye que los fusibles cumplen con los dos últimos criterios.

5.1 Emplazamiento



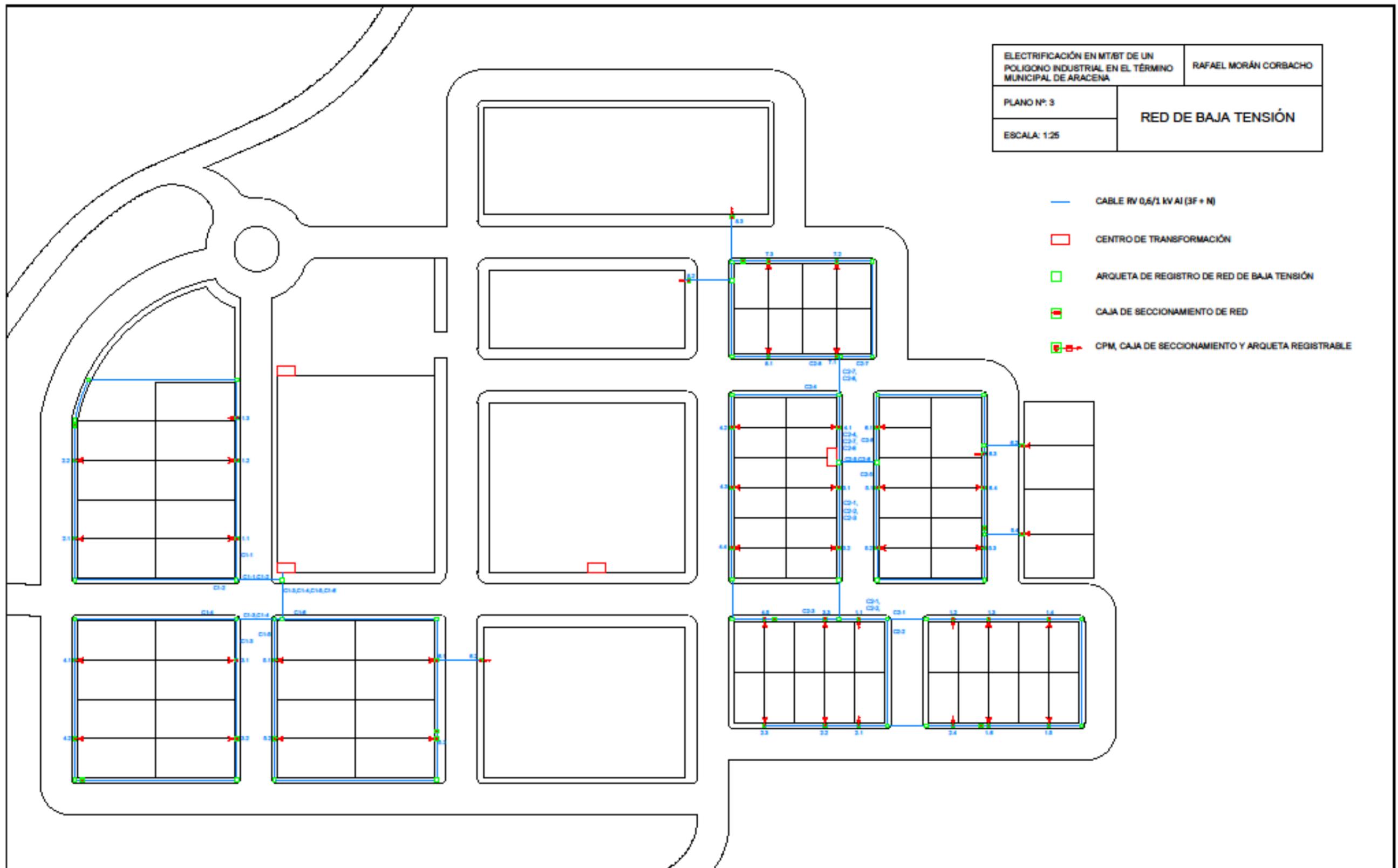


## 5.2 Red de media tensión



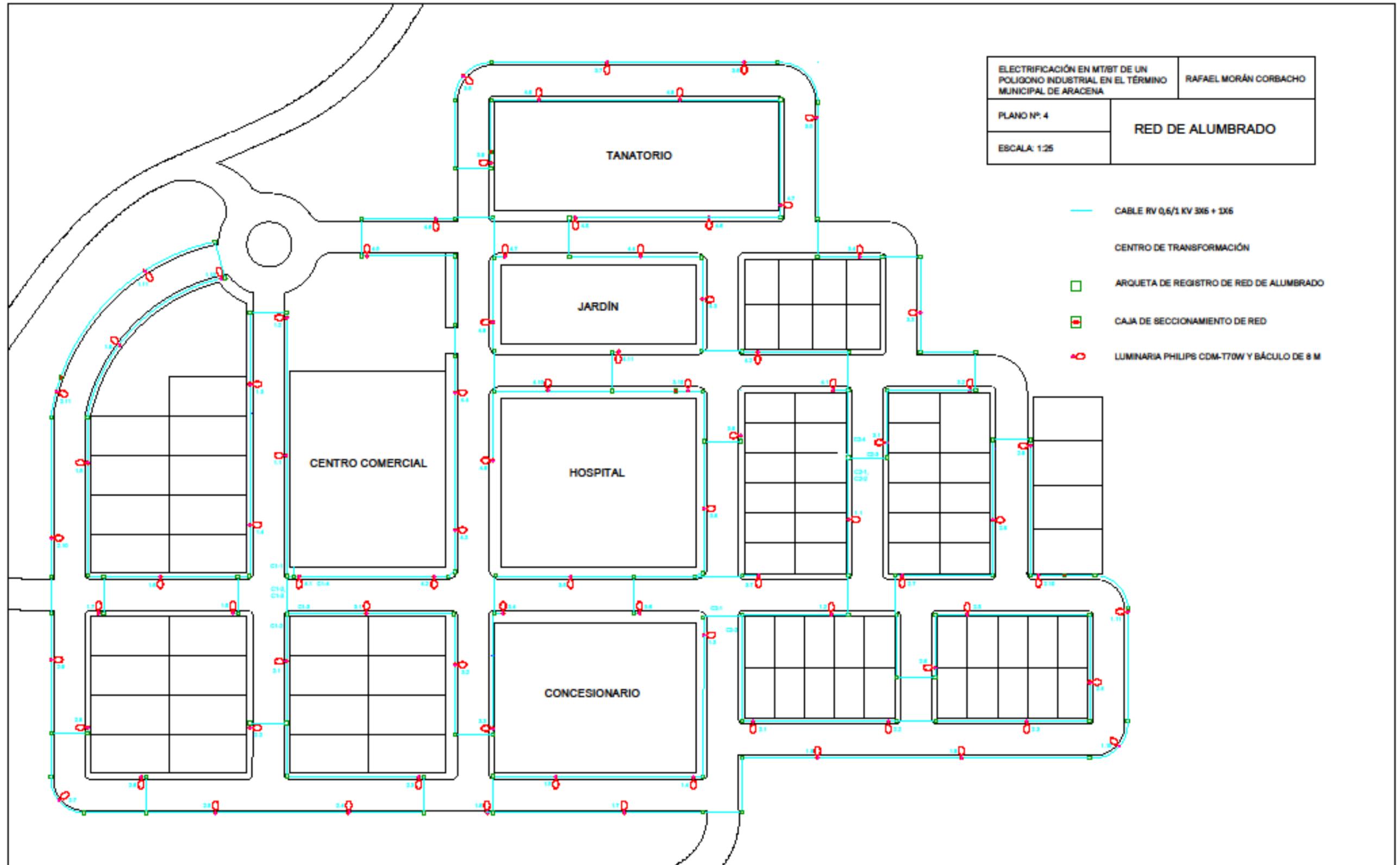


### 5.3 Red de baja tensión





### 5.4 Red de alumbrado





# 6 PLIEGO DE CONDICIONES

---

## 6.1 Condiciones generales

### 6.1.1 Objeto del documento

El presente Pliego de Condiciones afectará a todas las obras que comprende el presente proyecto técnico de electrificación de un polígono industrial en Aracena en media y baja tensión objeto del proyecto. En él se señalan los criterios generales que serán de aplicación, se describen las obras comprendidas y se fijan las características de los materiales a emplear, las normas que han de seguirse en la ejecución de las distintas unidades de obras, las pruebas previstas para las recepciones, la forma de medición y abono de las obras y el plazo de garantía.

Al mismo tiempo se hace constar que las condiciones que se exigen en el presente Pliego serán las mínimas aceptables.

### 6.1.2 Alcance

En todos los artículos del presente Pliego se entenderá que su contenido rige para todas las materias que expresan sus títulos, en cuanto no se opongan a lo establecido en la legislación vigente. Las unidades de obra que no se hayan incluido y señalado específicamente en este Pliego, se ejecutarán de acuerdo con lo establecido en las normas e instrucciones técnicas en vigor que sean aplicables a dichas unidades con lo sancionado por la costumbre como reglas de buena práctica en la construcción y con las indicaciones que, sobre el particular, señale el Director de las Obras.

### 6.1.3 Reglamentos, Instrucciones, Normas, Recomendaciones y Pliego de Condiciones Técnicas Generales

Además de las condiciones técnicas particulares contenidas en el presente Pliego, serán de aplicación las generales especificadas en los siguientes documentos:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, aprobado por Decreto 2413/1973 de 20 de Septiembre y las Instrucciones complementarias de dicho Reglamento, aprobado por Orden del Ministerio de Industria de 31 de Octubre de 1973, así como las Hojas de Interpretación dadas por la Dirección General de la Energía.
- Real Decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre por el que se aprueba el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas y Centros de Transformación.
- Reglamentación de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía, aprobado por Decreto de 12 de Marzo de 1954 y Real Decreto 1725/1984 de 18 de Julio por el que se modifica, en parte, el anterior.
- Normas U.N.E. vigentes o en fase de prueba.

- Recomendaciones U.N.E.S.A.
- Normas e instrucciones para Alumbrado Urbano, editadas por el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.
- Norma Tecnológica NTE-IEE/1978 “Instalaciones de Electricidad: Alumbrado Exterior”, publicada en el B.O.E. n° 192 de 19 de Agosto.
- Recomendaciones del Comité Internacional de Alumbrado (C.I.E.)
- Orden de 11-7-86 por la que se modifica el anexo del Real Decreto 1645/1985 de 8/12, que declara de obligado cumplimiento las especificaciones técnicas de los candelabros metálicos.
- Instrucción EH-80 para el Proyecto y ejecución de Obras de Hormigón Armado y en Masa, aprobada por Decreto 2686/1980 de 17 de Octubre, de Presidencia del Gobierno.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

#### **6.1.4 Normas de la Empresa Suministradora de Energía**

El presente proyecto ha sido redactado teniendo en cuenta las Normas de la Empresa Suministradora de Energía. Además, el Contratista se obliga a mantener con ella el debido contacto a través del Técnico Encargado, para evitar, siempre que sea posible, criterios dispares y complicaciones posteriores.

#### **6.1.5 Cláusulas administrativas**

A las obras contenidas en el presente Proyecto les son de aplicación las cláusulas administrativas contenidas en los siguientes documentos:

- Ley de Contratos del Estado, de 8 de abril de 1.965, con las modificaciones introducidas por la Ley 5/1.973, de 17 de marzo, y el Reglamento General de Contratación, aprobado por Decreto 3410/1.975, de 25 de noviembre.
- El Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares que se establezca de modo previo a la contratación de las obras comprendidas en el presente Proyecto.

#### **6.1.6 Subcontratación de obras**

Ninguna parte de las obras podrá ser subcontratada a terceros sin conocimiento y autorización previa del Director de Obra.

Las solicitudes para ceder cualquier parte del Contrato deberán formularse por escrito, aportando como mínimo los siguientes datos:

- Identificación del subcontratista.
- Clasificación del mismo.
- Unidades de obra a subcontratar, con sus condiciones económicas.

La aceptación del subcontrato no relevará al Contratista de su responsabilidad contractual.

#### **6.1.7 Conservación y reparación de las obras**

Hasta la recepción definitiva de las obras, serán de cuenta del Contratista todos los trabajos de vigilancia diaria, revisión y limpieza de las obras, siendo también a su cargo cuantos trabajos fueran necesarios para

subsanan los deterioros y averías que se puedan producir tanto accidentales como intencionados o producidos por el uso natural de las instalaciones.

## **6.2 Descripción de las obras**

### **6.2.1 Obras que comprende**

Comprende el presente Proyecto la ejecución de las obras de tierra y de fábrica y el suministro e instalación de los materiales necesarios para la construcción y montaje de la línea de alta tensión, de los 12 centros de transformación, de la red de baja tensión, de la red de alumbrado público del sistema viario y de la conservación de las obras hasta su recepción definitiva, todo ello de acuerdo con la descripción que a continuación se realiza, hasta conseguir su total adecuación al contenido de los distintos documentos del Proyecto y a las órdenes de la Dirección de la Obra.

### **6.2.2 Obras civiles**

#### **6.2.2.1 Obras de tierra**

Comprende la excavación y relleno de las zanjas para albergar las líneas subterráneas de alta y baja tensión y las de alumbrado público, así como las excavaciones necesarias para construir arquetas, cimentaciones y asientos de los centros de transformación.

#### **6.2.2.2 Obras de fábrica**

Comprende las protecciones mecánicas de los cables en las zanjas, la construcción de arquetas para las líneas de alta tensión, de baja tensión y de alumbrado público.

## **6.3 Relaciones entre la Promotora y el Contratista**

### **6.3.1 Dirección de las obras**

El facultativo de la Sociedad Promotora, Director de obra, en lo sucesivo “Director”, es la persona, con titulación adecuada y suficiente, directamente responsable de la comprobación y vigilancia de la correcta realización de la obra contratada.

Para el desempeño de su función, podrá contar con colaboradores a sus órdenes, que desarrollarán su labor en función de las atribuciones derivadas de sus títulos profesionales o de sus conocimientos específicos y que integrarán, junto con el Director, la Dirección de la obra, en lo sucesivo “Dirección”.

Los componentes de la Dirección, serán comunicados por la Sociedad Promotora al Contratista, antes de la fecha de la Comprobación del Replanteo.

### 6.3.2 Funciones del Director

Las funciones del Director son las siguientes:

- Exigir al Contratista, directamente o a través del personal a sus órdenes, el cumplimiento de las condiciones contractuales, con la facultad de controlar totalmente la ejecución de la obra.
- Cuidar que la ejecución de la obra se realice con estricta sujeción al proyecto aprobado, o modificaciones debidamente autorizadas, así como del cumplimiento del Programa de Trabajos.
- Definir aquellas condiciones técnicas que este Pliego dejan a su decisión.
- Resolver todas las cuestiones técnicas que surjan en cuanto a la interpretación de planos, condiciones de materiales y de ejecución de unidades de obra, siempre que no se modifiquen las condiciones del contrato.
- Estudiar las incidencias o problemas planteados en las obras que impidan el normal cumplimiento del contrato o aconsejen su modificación, tramitando en su caso las propuestas correspondientes.
- Asumir personalmente y bajo su responsabilidad, en casos de urgencia o gravedad, la dirección inmediata de determinadas operaciones o trabajos en curso; para lo cual el Contratista deberá poner a su disposición el personal y los medios de obra.
- Acreditar al Contratista las obras realizadas, conforme a lo dispuesto en los documentos del contrato.
- Participar en las Recepciones provisional y definitiva y redactar la liquidación de las obras, conforme a las normas legales establecidas.

### 6.3.3 Facilidades a la Dirección

El Contratista estará obligado a prestar su colaboración al Director para el normal cumplimiento de las funciones a éste encomendadas.

El Contratista proporcionará a la Dirección toda clase de facilidades para practicar replanteos, reconocimientos y pruebas de los materiales y de su preparación, y para llevar a cabo la inspección y vigilancia de la obra y de todos los trabajos, con objeto de comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas en el presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares, facilitando en todo momento el libre acceso a todas las partes de la obra, incluso a las fábricas y talleres donde se produzcan los materiales o se realicen trabajos para las obras, para lo cual se deberá hacer constar este requerimiento en los contratos y pedidos que realice con sus suministradores.

### 6.3.4 Inspección de las Obras

Corresponde a la función de inspección de las obras a los superiores jerárquicos del Director dentro de la organización de la Sociedad Promotora.

El Contratista otorgará a la Inspección las mismas facilidades que obligatoriamente debe dar a la Dirección para el desempeño de sus funciones.

### 6.3.5 Contratista y su personal de Obra

Se entiende por Contratista la parte contratante obligada a ejecutar la Obra.

Se entiende por Delegado de obra del Contratista, en lo sucesivo "Delegado", a la persona designada expresamente por el Contratista y aceptada por la Sociedad Promotora, con capacidad suficiente para:

- Ostentar la representación del Contratista cuando sea necesaria su actuación o presencia en cualquier

acto derivado del cumplimiento de las obligaciones contractuales, siempre en orden a la ejecución y buena marcha de las obras.

-Organizar la ejecución de la obra e interpretar y poner en práctica las órdenes recibidas de la Dirección.

-Proponer a ésta colaborar con ella en la resolución de los problemas que se planteen durante la ejecución.

La Sociedad Promotora, cuando por la complejidad y volumen de la obra, así se haya establecido en este PCTP, podrá exigir que el Delegado tenga la titulación profesional adecuada a la naturaleza de las obras, y que el Contratista designe, además, el personal facultativo necesario bajo la dependencia de aquél.

Antes de la iniciación de las obras, el Contratista presentará por escrito al Director la relación nominal y la titulación del personal facultativo, que a las órdenes de su Delegado, será responsable directo de los distintos trabajos o zonas de la obra.

El nivel técnico y la experiencia de este personal serán los adecuados, en cada caso, a las funciones que le hayan sido encomendadas en coincidencia con lo ofrecido por el Contratista en la proposición aceptada por la Sociedad Promotora en la adjudicación del contrato de obras.

El Contratista dará cuenta al Director de los cambios que tengan lugar durante el tiempo de vigencia del contrato.

La Dirección de las obras podrá suspender los trabajos, sin que de ello se deduzca alteración alguna de los términos y plazos del contrato, cuando no se realicen bajo la Dirección del personal facultativo designado para los mismos.

La Dirección de las Obras podrá recabar del Contratista la designación de un nuevo Delegado y, en su caso, de cualquier facultativo que de él dependa, cuando así lo justifique la marcha de los trabajos.

Se presumirá que existe siempre dicho requisito en los casos de incumplimiento de las órdenes recibidas o de negativa a suscribir, con su conformidad o reparos, los documentos que reflejen el desarrollo de las obras, tales como partes de situación, datos de medición de elementos, o a ocultar resultados de ensayos, órdenes de la Dirección y análogos definidos por las disposiciones del contrato o convenientes para un mejor desarrollo del mismo.

### **6.3.6 Oficina de Obra del Contratista**

En los casos en que la Dirección lo estime oportuno, el contratista deberá instalar a su cargo, antes del comienzo de las obras, y mantener durante la ejecución de las mismas, una oficina en el lugar que considere más apropiado, previa conformidad del Director, en la que se dispongan los medios necesarios para facilitar la gestión de la obra, como puede ser: teléfono, fax, fotocopiadora, ordenador y aparatos topográficos.

El Contratista deberá necesariamente, conservar en ella copia autorizada de los documentos contractuales del Proyecto base del Contrato y el Libro de Órdenes; a tales efectos, la Sociedad Promotora suministrará a aquél una copia de aquellos documentos antes de la fecha en que tenga lugar la Comprobación del Replanteo.

El Contratista no podrá proceder al cambio o traslado de la oficina de obra sin previa autorización de la Dirección.

### **6.3.7 Libro de Órdenes**

El Libro de Órdenes será diligenciado previamente por el Departamento a que esté adscrita la Obra; se abrirá en la fecha de Comprobación del Replanteo y se cerrará en la de Recepción Definitiva.

Durante dicho lapso de tiempo estará a disposición de la Dirección que, cuando proceda, anotará en él las órdenes, instrucciones y comunicaciones que estime oportunas, autorizándolas con su firma.

Efectuada la Recepción Definitiva, el Libro de Órdenes pasará a poder de la Sociedad Promotora, si bien podrá

ser consultado en todo momento por el Contratista.

### **6.3.8 Órdenes al Contratista**

Se hará constar en el Libro de Órdenes al iniciarse las obras o en caso de modificaciones, durante el curso de las mismas, con el carácter de orden al Contratista, la relación de personas que, por el cargo que ostentan o la delegación que ejercen, tienen facultades para acceder a dicho libro y transcribir en él las que consideren necesario comunicar al Contratista.

El Contratista se atenderá en el curso de la ejecución de las obras a las órdenes e instrucciones que le sean dadas por la Dirección, que se le comunicarán por escrito y duplicado, debiendo el Contratista devolver una copia con la firma del "Enterado".

Cuando el Contratista estime que las prescripciones de una orden sobrepasan las obligaciones del contrato, deberá presentar la observación escrita y justificada en un plazo de ocho (8) días, pasado el cual no será atendible. La reclamación no suspende la ejecución de la orden de servicio, a menos que sea decidido lo contrario por el Director.

Sin perjuicio de las disposiciones precedentes, el Contratista ejecutará las obras ateniéndose estrictamente a los planos, perfiles, dibujos, órdenes de servicio y, en su caso, a los modelos que le sean suministrados en el curso del contrato.

El Contratista está obligado a aceptar las prescripciones escritas que señale la Dirección, aunque supongan modificaciones o anulación de órdenes precedentes, o alteración de planos previamente autorizados o de su documentación aneja.

El Contratista carece de facultades para introducir modificaciones en el proyecto de las obras contratadas, en los planos de detalle autorizados por la Dirección, o en las órdenes que le hayan sido comunicadas. A requerimiento del Director, el Contratista estará obligado, a su cargo, a sustituir los materiales indebidamente empleados, y a la demolición y reconstrucción de las obras ejecutadas en desacuerdo con las órdenes o los planos autorizados.

Si la Dirección estimase que ciertas modificaciones hechas bajo la iniciativa del Contratista son aceptables, las nuevas disposiciones podrán ser mantenidas, pero entonces el Contratista no tendrá derecho a ningún aumento de precios, tanto por dimensiones mayores como por un valor de los materiales empleados. En este caso, las mediciones se basarán en las dimensiones fijadas en los planos y órdenes. Si, por el contrario, las dimensiones son menores o el valor de los materiales es inferior, los precios se reducirán proporcionalmente.

### **6.3.9 Obligaciones Generales del Contratista**

El Contratista es responsable del orden, limpieza y condiciones sanitarias de las obras objeto del contrato, por lo que deberá adoptar a su cargo y bajo su responsabilidad, las medidas que le sean señaladas por las autoridades competentes, por los reglamentos vigentes y por el Director.

A este respecto, es obligación del Contratista:

- Limpiar todos los espacios interiores y exteriores de la obra, de escombros, materiales sobrantes, restos de materiales, desperdicios, basuras, chatarra, andamios y todo aquello que impida el perfecto estado de la obra y sus inmediaciones.
- Proyectar, construir, equipar, operar, mantener, desmontar y retirar de la zona de la obra las instalaciones necesarias para la recogida, tratamiento y evacuación de las aguas residuales de sus oficinas e instalaciones, así como para el drenaje de las áreas donde estén ubicadas y de las vías de acceso.
- En caso de heladas o de nevadas, adoptar las medidas necesarias para asegurar el tránsito de vehículos y peatones en las carreteras, caminos, sendas, plataformas, andamios y demás accesos y

lugares de trabajo, que no hayan sido cerrados eventualmente en dichos casos.

-Retirar de la obra las instalaciones provisionales, equipos y medios auxiliares en el momento en que no sean necesarios.

-Adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos necesarios para que la obra durante su ejecución y, sobre todo, una vez terminada, ofrezca un buen aspecto, a juicio de la Dirección.

-Establecer y mantener las medidas precisas, por medio de agentes y señales, para indicar el acceso a la obra y ordenar el tráfico en la zona de obras, especialmente en los puntos de posible peligro, tanto en dicha zona como en sus lindes e inmediaciones.

-Llevar a cabo la señalización en estricto cumplimiento de las disposiciones vigentes en la materia, bajo su propia responsabilidad y sin perjuicio de lo que sobre el particular ordene el Director.

-Cuando dicha señalización se aplique sobre instalaciones dependientes de otros organismos públicos, el Contratista estará además obligado a lo que, sobre el particular, establezcan las normas del organismo público al que se encuentre afectada la instalación, siendo de cuenta del Contratista, además de los gastos de señalización, los del organismo citado en el ejercicio de las facultades inspectoras que sean de su competencia.

En casos de conflictos de cualquier clase, que pudieran implicar alteraciones de orden público, corresponderá al Contratista la obligación de ponerse en contacto con las Autoridades competentes y convenir con ellas la disposición de las medidas adecuadas para evitar dicha alteración, manteniendo al Director debidamente informado.

Todos los gastos que origine el cumplimiento de lo establecido en el presente Artículo serán de cuenta del Contratista, por lo que no serán de abono directo, esto es, se considerarán incluidos en los precios del contrato.

## **6.4 Obligaciones sociales, laborales y económicas**

### **6.4.1 Contratación de personal**

El Contratista deberá disponer, a pie de obra, del equipo técnico necesario para la correcta interpretación de los planos, para elaborar los planos de detalle, para efectuar los replanteos que le correspondan y para la ejecución de la obra de acuerdo con las normas establecidas en este Pliego.

El Director podrá exigir la retirada de la obra del empleado u operario del Contratista que incurra en insubordinación, falta de respeto a él mismo o a sus subalternos, o realice actos que comprometan la buena marcha o calidad de los trabajos, o por incumplimiento reiterado de las normas de seguridad.

El Contratista entregará a la Dirección, cuando ésta considere oportuno, la relación del personal adscrito a la obra, clasificado por categorías profesionales y tajos.

### **6.4.2 Obligaciones sociales y laborales del Contratista**

El Contratista está obligado al cumplimiento de las disposiciones vigentes en material laboral, de seguridad social y de seguridad e higiene en el trabajo.

El Contratista deberá constituir el órgano necesario con función específica de velar por el cumplimiento de las disposiciones vigentes sobre seguridad e higiene en el trabajo y se designará al personal técnico de seguridad que asuma las obligaciones correspondientes en cada centro de trabajo.

El incumplimiento de estas obligaciones por parte del Contratista, o la infracción de las disposiciones sobre seguridad por parte del personal técnico designado por él, no implicará responsabilidad alguna para la Sociedad Promotora.

En cualquier momento, el Director podrá exigir del Contratista la justificación de que se encuentra en regla en el cumplimiento de lo que concierne a la aplicación de la legislación laboral y de la seguridad social de los trabajadores ocupados en la ejecución de las obras objeto del contrato.

### **6.4.3 Seguridad e Higiene**

El Contratista es responsable de las condiciones de seguridad e higiene en los trabajos y está obligado a adoptar y hacer cumplir las disposiciones vigentes sobre esta materia, las medidas y normas que dicten los organismos competentes, las exigencias en este Pliego y las que fije o sancione el Director.

El Contratista es responsable y deberá adoptar las precauciones necesarias para garantizar la seguridad de las personas que transiten por la zona de obras y las proximidades afectadas por los trabajos a él encomendados. En particular, prestará especial atención a la seguridad del tráfico rodado, a las voladuras, a las líneas eléctricas, y a las grúas y máquinas cuyo vuelo se efectúe sobre zonas de tránsito o vías de comunicación.

### **6.4.4 Objetos hallados en las Obras**

La Sociedad Promotora se reserva la propiedad de los objetos de arte, antigüedades, monedas y, en general, objetos de todas las clases que se encuentren en las excavaciones y demoliciones practicadas en terrenos de su propiedad o expropiados para la ejecución de la obra, sin perjuicio de los derechos que legalmente correspondan a terceros.

El Contratista tiene la obligación de emplear todas las precauciones para la extracción de tales objetos que le sean indicadas por la Dirección, y derecho a que se le abone el exceso de gasto que tales trabajos le causen.

El Contratista está también obligado a advertir a su personal de los derechos de la Sociedad Promotora sobre este extremo, siendo responsable subsidiario de las sustracciones o desperfectos que pueda ocasionar el personal empleado en la obra.

En el supuesto de que durante las excavaciones se encontraran restos arqueológicos se interrumpirán los trabajos y se dará cuenta con la máxima urgencia a la Dirección. En el plazo más perentorio posible, y previo los correspondientes asesoramientos, el Director confirmará o levantará la interrupción.

### **6.4.5 Servidumbres y Permisos**

El Contratista está obligado a mantener provisionalmente durante la ejecución de la obra y a reponer a su finalización, todas aquellas servidumbres que se relacionen en los documentos del Proyecto.

Tal relación podía ser rectificada como consecuencia de la comprobación del replanteo o de necesidades surgidas durante su ejecución.

Son de cuenta del Contratista los trabajos necesarios para el mantenimiento y reposición de tales servidumbres.

En cualquier caso, se mantendrán, durante la ejecución de las obras, todos los accesos a las viviendas y fincas existentes en la zona afectada por las obras.

El Contratista deberá obtener, con la antelación necesaria para que no se presenten dificultades en el cumplimiento del Programa de Trabajo, todos los permisos que se presenten para la ejecución de las obras. Las cargas, tasas, impuestos y demás gastos derivados de la obtención de estos permisos serán siempre a cuenta del Contratista. Asimismo, abonará a su costa todos los cánones para la ocupación temporal de terrenos para instalaciones, explotación de canteras, préstamos o vertederos, y obtención de materiales.

El Contratista estará obligado a cumplir estrictamente todas las condiciones que haya impuesto el organismo o la entidad otorgante del permiso, en orden a las medidas, precauciones, procedimientos y plazos de ejecución de los trabajos para los que haya sido solicitado el permiso.

Todos los gastos que origine el cumplimiento de lo preceptuado en el presente Artículo serán de cuenta del Contratista y no serán de abono directo.

#### **6.4.6 Documentación fotográfica**

El contratista realizará a su costa y entregará una (1) copia en color, de tamaño veinticuatro por dieciocho centímetros (24x18 cm), de una colección de seis (6) fotografías, como mínimo, de las obras tomadas, la mitad antes de su comienzo y las restantes después de su terminación.

Asimismo, el Contratista realizará a su costa y entregará una (1) copia en color, de tamaño veinticuatro por dieciocho centímetros (24x18 cm), de una colección de cuatro (4) fotografías, como mínimo, de la obra ejecutada en cada mes.

Los negativos de estas fotografías serán también facilitados por el Contratista al Director para su archivo en la Sociedad Promotora.

El Director podrá, si las características de las obras lo aconsejan, ampliar el número de fotografías anteriormente indicado.

#### **6.4.7 Carteles de Obra**

Será de cuenta del Contratista la confección e instalación de los carteles de obra de acuerdo con los modelos y normas de la Sociedad Promotora.

El número de los carteles a instalar y las normas vigentes para la confección la indicará el Director de las obras.

### **6.5 Documentación técnica**

#### **6.5.1 Planos a suministrar por la Sociedad Promotora**

Los planos a suministrar por la Sociedad Promotora se pueden clasificar en planos de contrato y planos complementarios.

Son planos de contrato los planos del proyecto y los que figuren como tales en los documentos de adjudicación o de formalización del contrato, que definen la obra a ejecutar al nivel del detalle posible en el momento de la licitación.

Son planos complementarios los que el Director entrega al Contratista durante la ejecución de las obras, necesarios para desarrollar aspectos no definidos en los planos del contrato, así como las modificaciones de estos planos a efectos de completar detalles, para adaptarlos a las condiciones reales de la obra, o con otros fines.

El Contratista deberá revisar todos los planos que le hayan sido facilitados por la Sociedad Promotora y comprobar sus cotas, inmediatamente después de recibidos. Deberá informar al Director sobre cualquier error o contradicción en los planos con tiempo suficiente para que éste pueda aclararlos. El Contratista será responsable de las consecuencias de cualquier error que pudiera haberse subsanado mediante una adecuada revisión.

### 6.5.2 Planos a suministrar por el Contratista

El Director deberá especificar las instalaciones y obras auxiliares de las que el Contratista deberá entregar planos detallados, estudios y los datos de producción correspondientes para su debida aprobación si procede.

El Contratista someterá a la aprobación del Director, antes de iniciar la fabricación o adquisición, de los planos de conjunto de catálogo o de ofertas comerciales, de las instalaciones y equipos mecánicos o eléctricos que debe suministrar según el contrato, y deberá proporcionar al Director un ejemplar de todos los manuales de instalación, funcionamiento y mantenimiento de estos equipos e instalaciones, sin coste alguno para la Sociedad Promotora.

El Contratista está obligado a presentar para su aprobación los planos, las prescripciones técnicas y la información complementaria para la ejecución y el control de los trabajos que hayan de ser realizados por algún subcontratista especializado, tales como sondeos, inyecciones, cementaciones indirectas, trabajos subacuáticos, obras realizadas por procedimientos patentados y otros trabajos de tecnología especial.

Todos los planos y documentos antes citados estarán escritos en idioma castellano. Si el original estuviera escrito en otro idioma, deberá acompañarse de la correspondiente traducción al castellano.

### 6.5.3 Contradicciones, omisiones y errores

Los errores materiales que puedan contener el Proyecto o Presupuesto elaborado por la Sociedad Promotora no anularán el contrato, salvo que sean denunciados por cualquiera de las partes dentro de dos (2) meses computados a partir de la fecha del Acta de Comprobación del Replanteo y afecten, además, al importe del presupuesto de la obra, en el porcentaje que establezca el Contrato.

En caso contrario, los errores materiales sólo darán lugar a su rectificación, pero manteniéndose invariable la baja proporcional resultante en la adjudicación.

En caso de contradicción entre los planos y este Pliego, prevalecerá lo dispuesto en este último.

Lo mencionado en este Pliego y omitido en los planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviese expuesto en ambos documentos, siempre que, a juicio del Director, quede suficientemente definida la unidad de obra correspondiente y ésta tenga precio en el contrato.

Las contradicciones, omisiones o errores que se adviertan en estos documentos por el Director o por el Contratista, antes de la iniciación de la obra, deberán reflejarse en el Acta de Comprobación del Replanteo con su posible solución.

Las omisiones en los planos y en el PCTP, las descripciones erróneas de los detalles constructivos de elementos indispensables para el buen funcionamiento y aspecto de la obra, de acuerdo con los criterios expuestos en dichos documentos, y que, por uso y costumbre deban ser realizados, no sólo no eximen al Contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra omitidos o erróneamente descritos, sino que, por el contrario, deberán ser ejecutados como si hubieran sido completa y correctamente especificados en los planos y en el PCTP.

### 6.5.4 Carácter contractual de la Documentación

Obligatoriamente, tendrán carácter contractual los siguientes documentos de proyecto:

- Los planos.
- El PCTG y el PCTP.
- Los cuadros de precios.

Asimismo, podrán tener carácter contractual el Acta de Comprobación del Replanteo y los plazos parciales que puedan haberse fijado al aprobar el Programa de Trabajo. Para ello, será necesario que dichos documentos

sean aprobados por la Sociedad Promotora.

En caso de estimarse necesario durante la redacción del Proyecto el calificar de contractual cualquier otro documento del mismo se hará constar así en el Pliego de Condiciones, estableciendo a continuación las normas por las que se regirán los incidentes de contradicción con los otros documentos contractuales.

Los datos sobre informes geológicos y geotécnicos, reconocimientos, sondeos, procedencia de materiales, ensayos, condiciones locales, diagramas de ejecución de las obras, estudio de maquinaria, estudios de programación, de condiciones climáticas e hidrológicas y, en general, todos los que se incluyen habitualmente en la Memoria de los Proyectos, son documentos informativos.

Los documentos anteriormente indicados, representan una opinión de la Sociedad Promotora. Sin embargo, ello no supone que ésta se responsabilice de la certeza de los datos que se suministran, y en consecuencia, deben aceptarse tan sólo como complemento de la información que el Contratista debe adquirir directamente y con sus propios medios.

En base a la anterior, el Contratista será responsable de los errores que se puedan derivar de su defecto o negligencia en la consecución de todos los datos que afecten al contrato y a la ejecución de las obras.

## **6.6 Comienzo de las obras**

### **6.6.1 Conocimiento del emplazamiento de las obras**

El Contratista tiene la obligación de haber inspeccionado y estudiado el emplazamiento y sus alrededores y darse por enterado de la naturaleza del terreno, de las condiciones hidrológicas y climáticas, de la configuración y naturaleza del emplazamiento de las obras, de las cantidades y naturaleza de los trabajos a realizar y de los materiales necesarios para la ejecución de las obras, de los accesos al emplazamiento, los medios que pueda necesitar y, en general, de toda la información necesaria, en lo relativo a riesgos, contingencias y demás factores y circunstancias que puedan incidir en la ejecución y en el costo de las obras.

Ningún defecto o error de interpretación que pudiera contener o surgir del uso de documentos, estudios previos, informes técnicos o suposiciones establecidas en el Proyecto y, en general, de toda la información adicional suministrada a los licitadores por la Sociedad Promotora, o procurada por estos directamente, relevará al Contratista de las obligaciones dimanantes del contrato.

A menos que se establezca explícitamente lo contrario, el Contratista no tendrá derecho a eludir sus responsabilidades ni a formular reclamación alguna que se funde en datos o antecedentes del Proyecto que puedan resultar equivocados o incompletos.

### **6.6.2 Comprobación del Replanteo**

El Acta de Comprobación del Replanteo reflejará los siguientes extremos:

La conformidad o disconformidad del replanteo respecto a los documentos contractuales del Proyecto.

- Especial y expresa referencia a las características geométricas de la obra.
- Especial y expresa referencia a la autorización para la ocupación de los terrenos necesarios.
- Las contradicciones, errores u omisiones que se hubieran observado en los documentos contractuales de Proyecto.
- Cualquier otro punto que pueda afectar al cumplimiento del Contrato. Serán de cuenta del Contratista todos los gastos derivados de la Comprobación del Replanteo.

El Contratista transcribirá, y el Director autorizará con su firma, el texto del Acta en el Libro de Órdenes.

La Comprobación del Replanteo deberá incluir, como mínimo, el eje principal de los diversos tramos o partes de la obra y los ejes principales de las obras de fábrica, así como los puntos fijos o auxiliares necesarios para los sucesivos replanteos de detalle.

### 6.6.3 Programa de trabajo

El Contratista estará obligado a presentar un Programa de Trabajo, en las condiciones que se indican más adelante.

El Programa de Trabajo deberá proporcionar la siguiente información:

- Estimación en días calendario de los tiempos de ejecución de las distintas actividades, incluidas las operaciones y obras preparatorias, instalaciones y obras auxiliares y las de ejecución de las distintas partes o clases de obra definitiva.

- Valoración mensual de la obra programada.

El Programa de Trabajo incluirá todos los datos y estudios necesarios para la obtención de la información anteriormente indicada, debiendo ajustarse tanto la organización de la obra como los procedimientos, calidades y rendimientos a los contenidos en la oferta, no pudiendo en ningún caso ser de inferior condición a la de éstos.

El programa de trabajo habrá de ser compatible con los plazos parciales establecidos por el Director de las obras y tendrá las holguras convenientes para hacer frente a aquellas incidencias de obra que, sin ser de posible programación, deben ser tenidas en cuenta en toda obra según sea la naturaleza de los trabajos y la probabilidad de que se presenten.

El programa de Trabajo deberá tener en cuenta el tiempo que la Dirección precise para proceder a los trabajos de replanteo y a las inspecciones, comprobaciones, ensayos y pruebas que le correspondan.

El Programa de Trabajo debe presentarse al Director en el plazo de un (1) mes, desde el día siguiente a aquél en que tuviere lugar la firma del Acta de Comprobación del Replanteo.

El Director resolverá sobre el programa presentado dentro de los treinta (30) días siguientes a su presentación. La resolución puede imponer al Programa de Trabajo presentado la introducción de modificaciones o el cumplimiento de determinadas prescripciones, siempre que no contravengan las cláusulas del contrato. En particular, el Contratista está obligado a cumplir los plazos parciales que la Sociedad Promotora fije a la vista del Programa de Trabajo.

El Director podrá acordar el no dar curso a las certificaciones de obra hasta que el contratista haya presentado en debida forma el Programa de Trabajo cuando éste sea obligatorio, sin derecho a intereses de demora por retraso, en su caso, en el pago de estas certificaciones.

El Programa de trabajo será revisado cada trimestre por el Contratista y cuantas veces sea éste requerido para ello por la Dirección, debido a causas que el Director estime suficientes. En caso de no precisar modificación, el Contratista lo comunicará mediante certificación suscrita por su Delegado.

El Contratista se someterá a las instrucciones y normas que dicte el Director, tanto para la redacción del Programa inicial como en las sucesivas revisiones y actualizaciones. No obstante, tales revisiones no eximen al Contratista de su responsabilidad respecto de los plazos estipulados en el contrato.

Todos los gastos que originare el cumplimiento del presente artículo, están incluidos en los precios del contrato, por lo que no serán objeto de abono independiente.

## 6.7 Desarrollo y control de las obras

### **6.7.1 Replanteos**

El Director comprobará los replanteos efectuados por el Contratista y éste no podrá iniciar la ejecución de ninguna obra o parte de ella, sin haber obtenido del Director la correspondiente aprobación del Replanteo.

La aprobación por parte del Director de cualquier replanteo efectuado por el Contratista, no disminuirá la responsabilidad de éste en la ejecución de las obras, de acuerdo con los planos y con las prescripciones establecidas en este PCTP.

Los perjuicios que ocasionaren los errores de los replanteos realizados por el Contratista, deberán ser subsanados a cargo de éste, en la forma que indicare el Director.

El Contratista deberá proveer, a su costa, todos los materiales, aparatos y equipos de topografía, personal técnico especializado y mano de obra auxiliar, necesarios para efectuar los replanteos a su cargo y materializar los vértices, bases, puntos y señales niveladas. Todos los medios materiales y de personal citados tendrán la calificación adecuada al grado de exactitud de los trabajos topográficos que requiera cada una de las fases del Replanteo y el grado de tolerancias geométricas fijado por el Director, de acuerdo con las características de la obra.

En las comprobaciones del Replanteo que la Dirección efectúe, el Contratista, a su costa, prestará la asistencia y ayuda que el Director requiera, evitará que los trabajos de ejecución de las obras interfieran o entorpezcan las operaciones de comprobación y, cuando sea indispensable, suspenderá dichos trabajos, sin que por ello tenga derecho a indemnización alguna.

En los replanteos que realice directamente la Sociedad Promotora y para las comprobaciones de los replanteos que realice el Contratista, éste proveerá a su costa la mano de obra, los materiales y medios auxiliares para la ejecución de los pilares de triangulación, hitos, señales y demás puntos topográficos a materializar en el terreno.

El Contratista ejecutará a su costa los accesos, sendas, escalas, pasarelas y andamios necesarios para la realización de todos los replanteos, tanto los efectuados por él mismo como por la Sociedad Promotora, para las comprobaciones de los replanteos y para la materialización de los puntos topográficos citados anteriormente.

El Contratista será responsable de la conservación, durante el tiempo de vigencia del contrato, de todos los puntos topográficos materializados en el terreno y señales niveladas, debiendo reponer, a su costa, los que por necesidad de ejecución de las obras o por deterioro, hubieran sido movidos o eliminados, por lo que lo comunicará por escrito al Director, y éste dará las instrucciones oportunas y ordenará la comprobación de los puntos repuestos.

### **6.7.2 Acceso a las obras**

Salvo prescripción específica en algún documento contractual, serán de cuenta y riesgo del Contratista todas las vías de comunicación y las instalaciones auxiliares para transporte, tales como carreteras, caminos, sendas, pasarelas, planos inclinados, montacargas para el acceso de personas, transporte de materiales a la obra, etc.

Estas vías de comunicación e instalaciones auxiliares serán gestionadas, proyectadas, construidas, conservadas, mantenidas y operadas, así como demolidas, desmontadas, retiradas, abandonadas o entregadas para usos posteriores por cuenta y riesgo del Contratista.

El Contratista deberá obtener de la Autoridad competente las oportunas autorizaciones y permisos para la utilización de las vías e instalaciones, tanto de carácter público como privado.

### **6.7.3 Instalaciones auxiliares de obra y obras auxiliares**

Constituyen obligación del Contratista el proyecto, la construcción, conservación y explotación, desmontaje, demolición y retirada de obra de todas las instalaciones auxiliares de obra y de las obras auxiliares, necesarias para la ejecución de las obras definitivas.

Su coste es de cuenta del Contratista, por lo que no serán objeto de abono al mismo.

Se considerarán instalaciones auxiliares de obra las que sin carácter limitativo, se indican a continuación:

- Oficinas de la Dirección.
- Instalaciones provisionales de energía eléctrica y de alumbrado.
- Instalaciones telefónicas y de suministro de agua potable e industrial.
- Instalaciones para servicios del personal.
- Instalaciones para los servicios de seguridad y vigilancia.
- Oficinas, almacenes, talleres y parques del Contratista.
- Cualquier otra instalación que el Contratista necesite para la ejecución de la obra.

Se considerarán como obras auxiliares las necesarias para la ejecución de las obras definitivas que, sin carácter limitativo, se indican a continuación:

- Obras para el desvío de corrientes de aguas superficiales, tales como ataguías, canalizaciones, encauzamientos, etc.
- Obras de drenaje, recogida y evacuación de las aguas en las zonas de trabajo.
- Obras de protección y defensa contra inundaciones.
- Obras para agotamientos o para rebajar el nivel freático...
- Entibaciones, sostenimientos y consolidación del terreno en obras a cielo abierto y subterráneas.
- Obras provisionales de desvío de la circulación de personas o vehículos, requeridas para la ejecución de las obras objeto del Contrato.

Durante la vigencia del contrato, serán de cuenta y riesgo del Contratista el funcionamiento, la conservación y el mantenimiento de todas las instalaciones auxiliares de obra y obras auxiliares.

#### **6.7.4 Materiales**

Los materiales que han de constituir parte integrante de las unidades de la obra definitiva, los que el Contratista emplee en los medios auxiliares para su ejecución, así como los laterales de aquellas instalaciones y obras auxiliares que total o parcialmente hayan de formar parte de las obras objeto del contrato, tanto provisionales como definitivas, deberán cumplir las especificaciones establecidas en este PCTP.

El Director definirá, de conformidad con la normativa oficial vigente, las características de aquellos materiales para los que no figuren especificaciones correctas en este PCTP, de forma que puedan satisfacer las condiciones de funcionalidad y de calidad de la obra a ejecutar, establecidas en el contrato.

El Contratista notificará a la Dirección con la suficiente antelación la procedencia y características de los materiales que se propone utilizar, a fin de que la Dirección determine su idoneidad.

La aceptación de las procedencias propuestas será requisito indispensable para que el Contratista pueda iniciar el acopio de los materiales en la obra, sin perjuicio de la potestad de la Sociedad Promotora, para comprobar en todo momento de manipulación, almacenamiento o acopio, que dicha idoneidad se mantiene.

Cualquier trabajo que se realice con materiales de procedencia no autorizada podrá ser considerado como defectuoso.

Si el PCTP, fijara la procedencia concreta para determinados materiales naturales, el Contratista estará obligado a obtenerlos de esta procedencia.

Si durante las excavaciones de las obras se encontraran materiales que pudieran emplearse con ventaja técnica o económica sobre los previstos, la Dirección podrá autorizar el cambio de procedencia.

En los casos en que el PCTP no fijara determinadas zonas o lugares apropiados para la extracción de materiales a emplear en la ejecución de las obras, el Contratista los elegirá bajo su única responsabilidad y riesgo.

Los productos industriales de empleo en la obra se determinarán por sus calidades y características, sin poder hacer referencia a marcas, modelos o denominaciones específicas.

Si en los documentos contractuales figurase alguna marca de un producto industrial para designar a éste, se entenderá que tal mención se refiere a las calidades y características de dicho producto, pudiendo el Contratista utilizar productos de otra marca o modelo que tengan las mismas.

El Contratista deberá presentar, para su aprobación, muestras, catálogos y certificados de homologación de los productos industriales y equipos identificados por marcas o patentes.

Si la Dirección considerase que la información no es suficiente, el Director podrá exigir la realización, a costa del Contratista, de los ensayos y pruebas que estime convenientes. Cuando se reconozca o demuestre que los materiales o equipos no son adecuados para su objeto, el Contratista los reemplazará, a su costa, por otros que cumplan satisfactoriamente el fin a que se destinan.

### **6.7.5 Ensayos y recepción de materiales**

Previamente a la ejecución de la obra deberá desarrollarse un programa de Control de Calidad de la misma, de acuerdo con sus características particulares.

Servirá de base para su confección lo indicado al respecto en el presente PCTP.

La calidad de los materiales que hayan sido almacenados o acopiados deberá ser comprobada en el momento de su utilización y ensayos correspondientes, siendo rechazados los que en ese momento no cumplan las prescripciones establecidas.

De cada uno de los materiales a ensayar, analizar o probar, el Contratista suministrará a sus expensas las muestras que en cantidad, forma, dimensiones y características establezca el Programa de Control.

Asimismo, el Contratista está obligado a suministrar a su costa los medios auxiliares necesarios para la obtención de las muestras, su manipulación y transporte.

### **6.7.6 Almacenamiento de los materiales**

El Contratista debe instalar en la obra y por su cuenta los almacenes precisos para asegurar la conservación de los materiales, evitando su destrucción o deterioro y cumpliendo, al respecto, las instrucciones que reciba de la Dirección.

Los materiales se almacenarán de modo que se asegure su correcta conservación y de forma que sea posible su inspección en todo momento y que pueda asegurarse el control de calidad de los materiales con el tiempo necesario para que sean conocidos los resultados antes de su empleo en obra.

### **6.7.7 Materiales defectuosos**

Cuando los materiales no fueran de la calidad prescrita en este PCTP, o no tuvieran la preparación en ellos exigida, o cuando a falta de prescripciones formales en los pliegos se reconociera o demostrara que no fueran adecuados para su objeto, el Director dará orden al Contratista para que éste, a su costa, los reemplace por otros que cumplan las prescripciones o que sean idóneos para el objeto a que se destinen.

Los materiales rechazados, y los que habiendo sido inicialmente aceptados hayan sufrido deterioro posteriormente, deberán ser inmediatamente retirados de la obra por cuenta del Contratista.

### 6.7.8 Acopio de materiales

El Contratista está obligado a acopiar en correctas condiciones los materiales que requiera para la ejecución de la obra en el ritmo y calidad exigidos por el contrato.

El Contratista deberá prever el lugar, forma y manera de realizar los acopios de los distintos tipos de materiales y de los productos procedentes de excavaciones para posterior empleo, siguiendo las indicaciones que pudiera hacer el Director.

La Sociedad Promotora se reserva el derecho de exigir del Contratista el Transporte y entrega en los lugares que aquél indique, de los materiales procedentes de excavaciones, levantadas o demoliciones que considere de utilidad.

El Contratista propondrá al Director, para su aprobación, el emplazamiento de las zonas de acopio de materiales, con la descripción de sus accesos, obras y medidas que se propone llevar a cabo para garantizar la preservación de la calidad de los materiales.

Las zonas de acopio deberán cumplir las condiciones mínimas siguientes:

- No se podrán emplear zonas destinadas a las obras.
- Deberán mantenerse los servicios públicos o privados existentes.
- Estarán provistos de los dispositivos y obras para la recogida y evacuación de las aguas superficiales.
- Los acopios se dispondrán de forma que no mermen la calidad de los materiales, tanto en su manipulación como en su situación de acopio.
- Se adoptarán las medidas necesarias en evitación de riesgo de daños a terceros.

Todas las zonas utilizadas para acopio deberán quedar al término de las obras, en las mismas condiciones que existían antes de ser utilizadas como tales. Será de cuenta y responsabilidad del Contratista, la retirada de todos los excedentes de material acopiado.

Será de responsabilidad y cuenta del Contratista, la obtención de todos los permisos, autorizaciones, pagos, arrendamientos, indemnizaciones y otros que deba efectuar por concepto de uso de las zonas destinadas para acopios y que no correspondan a terrenos puestos a disposición del Contratista por la Sociedad Promotora.

Todos los gastos de establecimiento de las zonas de acopio y sus accesos, los de su utilización y restitución al estado inicial, serán de cuenta del Contratista.

El Director podrá señalar al Contratista un plazo para que retire de los terrenos de la obra los materiales acopiados que ya no tengan empleo en la misma. En caso de incumplimiento de esta orden podrá proceder a retirarlos por cuenta y riesgo del Contratista.

### 6.7.9 Control de calidad

Tanto los materiales como la ejecución de los trabajos y las unidades de obra terminadas, deberán ser de la calidad exigida en el contrato, cumplirán las instrucciones del Director, y estarán sometidos, en cualquier momento, a los ensayos y pruebas que éste disponga.

La inspección de la calidad de los materiales, de la ejecución de las unidades de obra y de las obras terminadas, corresponde a la Dirección, la cual utilizará los servicios de control de calidad de un laboratorio homologado.

El Contratista deberá dar las facilidades necesarias para la toma de muestras y la realización de ensayos y pruebas "in situ" e interrumpir cualquier actividad que pudiera impedir la correcta realización de estas operaciones.

Los gastos derivados de este control de calidad, propio del Contratista, serán de cuenta de éste y estarán incluidos en los precios del contrato, no siendo, por tanto, objeto de abono independiente.

Ninguna parte de la obra deberá cubrirse u ocultarse sin la aprobación del Director. El Contratista deberá dar

todo tipo de facilidades al Director para examinar, controlar y medir toda la obra que haya de quedar oculta, así como para examinar el terreno de cimentación antes de cubrirlo con la obra permanente.

Si el Contratista ocultara parte de la obra sin previa autorización escrita del Director, deberá descubrirla, a su costa, si así lo ordenara éste.

### **6.7.10 Conservación durante la ejecución de las obras**

El Contratista está obligado a conservar durante la ejecución de las obras y hasta su recepción, todas las obras objeto del Contrato, incluidas las correspondientes a las modificaciones del proyecto autorizadas, así como las carreteras, accesos y servidumbres afectadas, desvíos provisionales, señalizaciones existentes y señalizaciones de obra, y cuantas obras, elementos e instalaciones auxiliares deban permanecer en servicio, manteniéndolos en buenas condiciones de uso. Los trabajos de conservación durante la ejecución de las obras hasta su Recepción no serán de abono, salvo que expresamente, y para determinados trabajos, se prescriba en el Presupuesto.

Los trabajos de conservación no obstaculizarán el uso público o servicio de la obra, ni de las carreteras o servidumbres colindantes y, de producir afectación, deberán ser previamente autorizadas por el Director y disponer de la oportuna señalización.

Inmediatamente antes de la recepción de las obras, el Contratista habrá realizado la limpieza general de la obra, retirando las instalaciones auxiliares y, salvo expresa prescripción contraria del Director, demolido, removido y efectuado el acondicionamiento del terreno de las obras auxiliares que hayan de ser utilizadas.

## **6.8 Abono de la obra ejecutada**

### **6.8.1 Medición de la obra ejecutada**

La Dirección realizará mensualmente, y en la forma que establezca este PCTP, la medición de las unidades de obra ejecutadas durante el periodo de tiempo anterior.

El Contratista o su Delegado podrán presenciar la realización de tales mediciones.

Para las obras o partes de obras cuyas dimensiones y características hayan de quedar posterior y definitivamente ocultas, el Contratista está obligado a avisar a la Dirección con la suficiente antelación, a fin de que ésta pueda realizar las correspondientes mediciones y toma de datos, levantando los planos que las definan, cuya conformidad suscribirá el Contratista o su Delegado.

A falta de aviso anticipado, cuya existencia corresponde probar al Contratista, queda éste obligado a aceptar las decisiones de la Sociedad Promotora sobre el particular.

Las mediciones se calcularán por procedimientos geométricos a partir de los datos de los planos de construcción de la obra y, cuando esto no sea posible, por medición sobre planos de perfiles transversales, o sobre planos acotados, tomados del terreno. A estos efectos, solamente serán válidos los levantamientos topográficos y datos de campo que hayan sido aprobados por el Director.

Solamente podrá utilizarse la conversión de peso a volumen o viceversa, cuando expresamente la autorice este PCTP. En este caso, los factores de conversión están definidos, o en su defecto, lo serán por el Director.

### **6.8.2 Precios unitarios de contrato**

Todos los trabajos, transportes, medios auxiliares y materiales que sean necesarios para la correcta ejecución y acabado de cualquier unidad de obra se considerarán incluidos en el precio de la misma, aunque no figuren

todos ellos especificados en la descripción de los precios.

El cálculo de los precios de las distintas unidades de obra se ha basado en la determinación de los costes directos e indirectos precisos para su ejecución.

### **6.8.3 Obras construidas en exceso**

Cuando, a juicio del director, el aumento de dimensiones de una determinada parte de obra ejecutada, o exceso de elementos unitarios, respecto de lo definido en los planos de construcción, pudiera perjudicar las condiciones estructurales, funcionales o estéticas de la obra, el Contratista, tendrá la obligación de demolerla a su costa y rehacerla nuevamente con arreglo a lo definido en los planos.

En el caso en que no sea posible o aconsejable, a juicio del Director, la demolición de la obra ejecutada en exceso, el Contratista estará obligado a cumplir las instrucciones del Director para subsanar los efectos negativos subsiguientes, sin que tenga derecho a exigir indemnización alguna por estos trabajos.

Aun cuando los excesos sean inevitables, a juicio del Director, o autorizados por éste, no serán de abono si forman parte de los trabajos auxiliares necesarios para la ejecución de la obra, y tampoco lo serán si dichos excesos o sobreanchos están incluidos en el precio de la unidad correspondiente, o si en las prescripciones relativas a la medición y abono de la unidad de obra en cuestión así lo estableciera este PCTP.

Únicamente serán de abono los excesos de obra o sobreanchos inevitables que de manera explícita así lo disponga este PCTP, y en las circunstancias, procedimiento de medición, límites y precios aplicables que determine.

### **6.8.4 Obras ejecutadas en defecto**

Si la obra realmente ejecutada tuviera dimensiones inferiores a las definidas en los planos, ya sea por orden del Director o por error de construcción, la medición para su valoración será la correspondiente a la obra realmente ejecutada, aun cuando las prescripciones para medición y abono de la unidad de obra en cuestión, establecidas en este PCTP, prescriban su medición sobre los planos del Proyecto.

## **6.9 Recepción y liquidación**

### **6.9.1 Recepción de las obras**

Dentro de los diez (10) días siguientes a la fecha de terminación de las obras se procederá al acto de la recepción de las mismas.

Podrán ser objeto de recepción aquellas partes de obra que deban ser ejecutadas en los plazos parciales establecidos en el contrato.

Si se encuentran las obras en buen estado y con arreglo a las prescripciones previstas, el Director de las mismas las dará por recibidas y se entregarán al uso público o servicio correspondiente.

La recepción se formalizará mediante un Acta que será firmada por el Director y el Contratista.

El plazo de garantía comenzará el día siguiente al de la firma del Acta de Recepción.

En los casos en que haya lugar a recepciones parciales, el plazo de garantía de las partes recibidas comenzará a contarse desde la fecha de las respectivas recepciones parciales.

### **6.9.2 Medición general**

El Director citará al Contratista, o a su Delegado, fijando la fecha en que, en función del plazo establecido para la liquidación provisional de la obra ejecutada, ha de procederse a su medición general.

El Contratista, o su Delegado, tiene la obligación de asistir a la toma de datos y realización de la medición general que efectuará la Dirección. Si por causas que le sean imputables, no cumple tal obligación, no podrá realizar reclamación alguna en orden al resultado de aquella medición ni acerca de los actos de la Sociedad Promotora que se basen en tal resultado, si no previa la alegación y justificación fehaciente de inimputabilidad de aquellas causas.

Para realizar la medición general se utilizarán como datos complementarios la comprobación del replanteo, los replanteos parciales y las mediciones efectuadas durante la ejecución de la obra, el libro de órdenes y cuantos otros estimen necesarios el Director y el Contratista.

Las reclamaciones que estime necesario hacer el Contratista contra el resultado de la medición general las dirigirá por escrito a la Sociedad Promotora por conducto del Director, el cual las elevará a aquella con su informe.

### **6.9.3 Liquidación de las obras**

El Director formulará la liquidación de las obras aplicando al resultado de la medición general los precios y condiciones económicas del Contrato.

Los reparos que estime oportuno hacer el Contratista, a la vista de la liquidación, los dirigirá por escrito a la Sociedad Promotora en la forma establecida en el último párrafo del apartado anterior, y dentro del plazo reglamentario, pasado el cual se entenderá que se encuentra conforme con el resultado y detalles de la liquidación.

## **6.10 Condiciones que deben cumplir los materiales**

### **6.10.1 Cementos**

El cemento a emplear será el Portland PA-350, excepto en las obras de hormigón en contacto con suelos que tengan sulfatos, en las que es recomendable el uso de PA-350-Y, siempre que dicho contenido no supere el 0,2%, siendo obligatorio su uso si se rebasa dicho límite.

Deberán cumplir las condiciones exigidas por el “Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la Recepción de Cementos” (RC-75) y por el Artículo 5º de la EH-88.

Independientemente de lo anterior, será capaz de proporcionar al mortero u hormigón las condiciones exigidas en los apartados correspondientes de este Pliego.

Durante la realización de las obras, en caso necesario, el Director decidirá el tipo, clase y categoría del cemento que se debe utilizar.

Cada partida de cemento que llegue a obra, vendrá acompañada de su correspondiente documento de origen, en el que figurarán el tipo, la clase y la categoría a que pertenecen, así como la garantía del fabricante de que el cemento cumple las prescripciones relativas a las características físicas y mecánicas y a la composición química establecida. El fabricante enviará además, si se le solicita, copia de los resultados de análisis y ensayos correspondientes a cada partida.

Con independencia de lo anteriormente establecido, cuando el Director lo estime conveniente, se llevarán a cabo los ensayos que considere necesarios para la comprobación de la garantía así como de su temperatura y condiciones de conservación.

El cemento no llegará a obra excesivamente caliente. Si su manipulación se va a realizar por medios mecánicos, su temperatura no excederá de 70°C, y si se va a realizar a mano, no excederá de 40°C, o de la temperatura ambiente más 5°C, si ésta resulta mayor. De no cumplirse los límites citados, deberá comprobarse que el cemento no presenta tendencia a experimentar “falso fraguado”.

Cuando se reciba cemento ensacado, se comprobará que los sacos son los expedidos por la fábrica, cerrados y sin señales de haber sido abiertos. Al mismo tiempo, el Director comprobará, con la frecuencia que crea necesaria, que del trato dado a los sacos durante su descarga no resulten desperfectos que puedan afectar a la calidad del material, y de no ser así, impondrá el sistema de descarga que estime más conveniente.

El cemento ensacado se almacenará en local ventilado, defendido de la intemperie y de la humedad del suelo y paredes.

Cuando el sistema de transporte y almacenamiento sea a granel, el Contratista comunicará al Director el sistema que va a utilizar con objeto de obtener la autorización correspondiente.

El Director lo autorizará a la vista de los sistemas mecánicos empleados para su rápido trasiego a los silos y su vaciado, así como del aislamiento de la humedad de los silos.

Si el periodo de almacenamiento de un cemento, en condiciones atmosféricas normales, es superior a un mes, se comprobará antes de su empleo que sus características continúan siendo adecuadas, realizando ensayos de fraguado y resistencias mecánicas a tres y siete días, sobre muestras representativas que incluyan terrones si se han formado.

La medición y abono de este material se realizará de acuerdo con lo indicado en la unidad de obra de que forme parte.

En acopios, el cemento se medirá por toneladas realmente acopiadas.

### 6.10.2 Ladrillos

Ladrillos cerámicos son piezas empleadas en albañilería, generalmente en forma de ortoedro, fabricadas por cocción, con arcilla o tierra arcillosa, y a veces con adición de otras materias.

Tipos de ladrillo: Para fábricas resistentes pueden emplearse los siguientes tipos de ladrillo:

Ladrillo macizo:

Ortoedro macizo o con rebajas de profundidad no superior a 0,5 centímetros, que deje completo un canto y las dos testas: o con taladros en tabla de volumen no superior al 10%. Cada taladro tendrá una sección en tabla no superior a 2,5 cm<sup>2</sup>. El espesor de los tabiquillos no será inferior a 2 centímetros.

Ladrillo perforado:

Ortoedro con taladros en tabla, que no cumplan las condiciones anteriores o con taladros en canto o testa.

Ladrillo especial:

Además de los tipos fundamentales reseñados, pueden emplearse en las fábricas resistentes otros tipos de ladrillos, aplantillados, de formas especiales, etc., cuyas rebajas o taladros cumplirán las condiciones anteriores.

Se define la rasilla como el ladrillo hueco de dimensiones 24 x 11,5 x 2,75 cm.

Las dimensiones mínimas que se admiten para los ladrillos macizos y perforados serán de 24 x 11,5 x 5,3 cm.

Las dimensiones de los ladrillos, se medirán según normas UNE. T267. Se realizará la medición de 10 muestras.

Las desviaciones serán no mayores que las tolerancias admitidas en las referidas normas. Referente a la calidad los ladrillos, cumplirán una condición estricta en cuanto a color; no tendrán manchas, eflorescencias ni quemaduras; carecerán de imperfecciones y descachados aparentes en aristas y caras.

Los ladrillos estarán suficientemente cocidos, lo que se aprecia por el sonido claro y agudo al ser golpeados y por la uniformidad de color en la fractura. También estarán exentos de caliches perjudiciales.

### **6.10.3 Áridos para hormigones**

Deberán cumplir las exigencias del artículo 72 de la EH-88.

Los ensayos descritos en el artículo citado se realizarán en los siguientes casos:

- Antes de comenzar la obra, si no se tienen antecedentes de los áridos que vayan a utilizarse.
- Siempre que varíen las condiciones de suministro e, igualmente, no se tengan antecedentes.
- Cuando así lo indique el Director.

El no cumplimiento de las especificaciones es condición suficiente para calificar el árido como no apto para fabricar hormigón.

La medición y abono de este material se realizará de acuerdo con lo indicado en la unidad de obra de que forme parte.

En acopios, los áridos se medirán por toneladas realmente acopiadas.

## **6.11 Ejecución y ensayos durante la marcha de los tramos**

### **6.11.1 Zanjas para líneas de alta y baja tension**

Tendrán las dimensiones y disposición que se indican en los planos correspondientes, tanto en profundidad como en anchura, siendo preciso para variar estas dimensiones la orden expresa del Director de Obra.

El fondo de las zanjas se nivelará cuidadosamente, retirando todas los cascotes y sobrantes, especialmente los puntiagudos y cortantes.

No se excavarán las zanjas hasta que vaya a efectuarse el tendido de cables y en ningún caso, salvo orden en contrario de la Dirección de la Obra, con antelación superior a 15 días al tendido de cable, si los terrenos son arcillosos o margosos de fácil meteorización.

Una vez colocadas las protecciones del cable, señaladas anteriormente, se rellena toda la zanja con materiales granulares (zahorras artificiales); el vertido se hará por tongadas cuyo espesor original no será superior a 20 cm, compactándose cada una de ellas antes de proceder al vertido de la siguiente.

El compactado de la primera tongada se realizará de forma manual, y el resto de forma mecánica mediante pisones neumáticos o elementos vibradores, hasta que sea alcanzada una compacidad del noventa y cinco por ciento del proctor modificado.

### **6.11.2 Tendido de la red de alta tension**

La red subterránea se realizará con sumo cuidado, evitando la formación en los cables de cocas o torceduras, así como arañoses o roces que puedan perjudicarle.

Al recibir el Contratista el conductor de alta tensión de fábrica, entregará por bobina un trozo de 20 cm al Director de la obra para que éste pueda juzgar las características del mismo, tales como espesores de aislamiento, centrado, número y diámetro de los hilos de aluminio y de cobre, etc. Inmediatamente al corte del mencionado trozo, se sellará el extremo del cable para que no penetre humedad.

Terminado de tender cada tramo de cable, el Director de la Obra por medio de un megaóhmetro de bobinas

cruzadas, tensión mínima 5.000 voltios, procederá a la medición del aislamiento, realizando seis medidas en cada extremidad del cable; tres entre las combinaciones de fases, y tres entre cada fase y tierra.

Los tres primeros no podrán diferir de la media de los tres valores más de un 10% del valor de la medida.

Igualmente ocurrirá con las medidas entre fases y tierra.

Por encima de la variación citada se podrá imponer una penalización, sobre el precio de contrato, a juicio del Director de Obra o rechazar la instalación.

En cualquier caso, se podrá solicitar a los Servicios Técnicos de la Empresa Distribuidora de Energía la realización de las pruebas de aislamiento de los cables instalados, mediante aparatos de mayor potencia y precisión.

### **6.11.3 Instalación eléctrica en los centros de transformación**

Será ejecutada de acuerdo con los planos, no admitiéndose variaciones en medidas, número de aparatos o calidad de los mismos, sin una previa justificación por parte del Contratista y la aprobación de la Dirección de Obra.

Todos los materiales de alta tensión se ajustarán a la Memoria y al Pliego de Condiciones, y cualquier variación de las características podrá ser causa de rechazo de los mismos por la Dirección de la Obra, que podrá optar por penalizaciones de hasta el 30% del valor de Contratación.

#### **6.11.3.1 Celdas de alta tension**

Se ajustaran exactamente a las condiciones expuestas en la Memoria de este Proyecto. Serán fabricadas por firmas homologadas por UNESA.

Antes de los montajes de las mismas, el Contratista presentará a la Dirección de la Obra catálogos detallados de las casas constructoras, y en su caso y a petición de aquella, certificaciones de Laboratorios Oficiales sobre las citadas características.

#### **6.11.3.2 Transformadores**

Siendo prácticamente imposible la prueba “in situ” de los transformadores, el Contratista avisará a la Dirección de la Obra cuando aquellos estén terminados en la fábrica correspondiente.

A partir de la recepción del aviso escrito y con acuse de recibo, por la Dirección de la Obra, ésta dispondrá de un tiempo de treinta días a partir de la recepción del aviso, para personarse en la fábrica para ejecutar todas las pruebas que crea oportunas.

La fábrica correspondiente tendrá que tener, necesariamente, un banco de pruebas, donde sean posibles todas las correspondientes a las normas VDE para transformadores de distribución de las características de los proyectados.

La falta del citado banco de pruebas o el incumplimiento de alguna de las normas citadas, será motivo suficiente para rechazar los transformadores, siendo todos los gastos que se originen o puedan originarse por cuenta del Contratista, a juicio de la Dirección de la Obra.

#### **6.11.3.3 Cuadros de Baja Tensión**

Se ajustarán exactamente a lo indicado en el presente Proyecto y las características de los materiales a emplear serán las marcadas en el presente Pliego de Condiciones y Memoria.

El Contratista presentará catálogos de cada uno de los aparatos que componen el cuadro, editado por las casas constructoras del mismo. El Director de la obra, a la vista de los mismos podrá rechazar cualquiera de ellos por estimar que las condiciones mínimas no son cumplidas, o que la casa fabricante no tiene suficiente solvencia en el mercado nacional.

#### **6.11.4 Red de distribución en baja tensión**

Serán de aplicación todas las pruebas descritas., referentes a la red de alta tensión, pero referidos a las características de los mencionados cables de Baja Tensión. La única diferencia estribará en que la prueba de intensidad nominal se hará antes de ejecutar la última caja de acometida (caja general de protección), que hará las veces de terminal del cable subterráneo cortocircuitando las tres fases y el neutro.

En cuanto a empalmes, se seguirá rigurosamente el criterio de la Cía. Suministradora de Energía Eléctrica.

#### **6.11.5 Alumbrado público**

##### **6.11.5.1 Obra civil**

Las canalizaciones se construirán exactamente como se indica en los planos, cuidando que los empalmes de los tubos estén correctamente ejecutados mediante piezas de unión adecuadas, suministradas por el mismo fabricante del tubo, para que no exista espacio por donde pueda penetrar arena y otros productos del relleno. Se rechazará todo tubo que presente roturas, rajadas o sospecha de las mismas. Los tubos dispondrán de guías de alambre y galvanizado y tapones en sus extremos.

Se tendrán en cuenta las mismas prescripciones que para las líneas de alta y baja tensión, en cuanto a tapado de zanjas, se señalan en el apartado 11.1 de este Pliego de Condiciones.

Los basamentos se ejecutarán exactamente como se indica en los planos, disponiendo de los necesarios encofrados para la construcción de la arqueta adosada a los mismos.

Se pondrá especial cuidado con la terminación de los tubos en las arquetas para que no presenten aristas vivas y que el fondo de las mismas quede correcto para el servicio de drenaje.

Los tubos quedarán con el alambre galvanizado correspondiente que sirva de guía para el tendido de cables.

Se inspeccionará cuidadosamente la ejecución de la obra civil, pudiendo la Dirección Facultativa rechazar cualquier parte de la misma, que tendrá que volver a ser ejecutada después de su demolición por el Contratista, a expensas de este último.

Se han previsto dos tipos de arquetas: con tapa de hormigón armado, que quedarán como arquetas ciegas, cubiertas por el acerado, y con tapa de fundición, en las arquetas de cruzamiento - derivación.

##### **6.11.5.2 Instalación**

Para el tendido del cable vale todo lo indicado para las redes de Baja Tensión al efecto. Se prohíbe todo empalme en las redes de alumbrado público. Las conexiones se realizarán en el interior de las columnas, a excepción de las derivaciones por bifurcaciones o cruzamientos, que se realizarán en arquetas, mediante elementos a compresión y reponiendo posteriormente el aislamiento con elementos termorretráctiles con pasta termofundente interior.

Las columnas quedarán perfectamente aplomadas y se inspeccionará el estado del galvanizado.

Se observará que las interdistancias entre luminarias y demás elementos, queden instaladas según esté previsto en los planos y observaciones de montaje que dicte el Director de la Obra. Éste comprobará los siguientes elementos durante el desarrollo de las obras.

**Aislamiento:**

El ensayo de aislamiento se realizará para cada uno de los conductores a tierra o entre conductores activos aislados. La medida de aislamiento se efectuará según lo indicado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

**Protecciones:**

Se comprobará que la intensidad nominal de los diversos fusibles e interruptores sea igual o inferior al valor de la intensidad máxima de servicio de los conductores considerados.

## 6.12 Pruebas para las recepciones

### 6.12.1 Reconocimiento de las Obras

Antes del reconocimiento de las obras, el Contratista retirará de las mismas hasta dejarlas completamente limpias y despejadas, todos los materiales sobrantes, restos, embalajes, bobinas de cables, medios auxiliares, tierras sobrantes de excavaciones y rellenos, escombros, etc.

Se comprobará que los materiales coinciden con los admitidos por el Técnico Encargado en el control previo, se corresponden con las muestras que tenga en su poder, si las hubiera, y no sufren deterioro en su aspecto o funcionamiento. Igualmente se comprobará que la construcción de las obras de fábrica, la realización de las obras de tierra y el montaje de todas las instalaciones eléctricas han sido ejecutadas de modo correcto y terminadas y rematadas completamente.

En particular se llama la atención sobre la verificación de los siguientes puntos:

- Secciones y tipos de los conductores y cables utilizados.
- Forma de ejecución de los terminales, empalmes, derivaciones y conexiones en general.
- Tipo, tensión e intensidad nominales y funcionamiento de los aparatos de maniobra, mando, protección y medida.
- Compactación de las zanjas y reposición de firmes y pavimentos afectados.
- Geometría de las obras de la red de Alta Tensión.
- Estado de los revestimientos, pinturas, pavimentos de los Centros de Transformación y ausencia de grietas, humedades, y penetración de agua.
- Acabado, galvanizado, pintura y estado de las columnas y armarios de los Centros de Mando del alumbrado público, así como de la carpintería metálica de los Centros de Transformación.

Efectuado este reconocimiento y de acuerdo con las conclusiones obtenidas, se procederá a realizar con las instalaciones eléctricas los ensayos que se indiquen en los artículos siguientes.

### 6.12.2 Ensayos de la red de alta tensión

Se realizarán sucesivamente los siguientes ensayos:

- Se medirá la resistencia de aislamiento entre conductores y entre éstos y tierra.
- Se procederá a la puesta en tensión de la red, a ser posible aplicando la tensión de modo creciente hasta llegar a la normal de servicio, y en caso contrario dar tensión de golpe cerrando el interruptor correspondiente.

-Se acoplará la red de forma normal a los sistemas exteriores de la Empresa suministradora, dejándola en servicio y en marcha industrial durante setenta y dos horas como mínimo.

-Se medirá de nuevo la resistencia de aislamiento.

La resistencia de aislamiento en ohmios no será inferior a  $1.000 U$ , siendo  $U$  la tensión de servicio en voltios. La puesta en tensión y el mantenimiento en servicio de la red de alta tensión no debe provocar el funcionamiento de los aparatos de protección, si están correctamente calibrados y regulados, ni el fallo del aislamiento de los cables y sus terminales.

A la vista de los resultados de los ensayos que se vayan realizando, se decidirá la conveniencia de llevar a cabo o no, los sucesivos.

### **6.12.3 Ensayos de las instalaciones eléctricas de los centros de transformación**

Se realizarán los siguientes ensayos:

-Se medirán las distancias entre elementos de distinta polaridad sometidos a tensión, y entre éstos y las partes que no estén en tensión, para comprobar que cumplen lo establecido en el Reglamento de Estaciones Transformadoras.

-Se medirá la resistencia de aislamiento con respecto a tierra de las partes activas de la instalación, que no deber ser inferior a  $1.000 U$  ohmios, siendo  $U$  la tensión en voltios.

-Se medirá la resistencia de paso a tierra de los sistemas de puesta a tierra, tanto de los correspondientes a las partes metálicas no sometidas a tensión, como a los neutros de los transformadores, debiendo cumplir lo indicado en los vigentes Reglamentos.

Todos estos ensayos deben efectuarse con resultados satisfactorios antes de someter a la instalación a su tensión de servicio normal.

### **6.12.4 Ensayo de las redes de baja tension**

Serán de aplicación los ensayos descritos para la red de alta tensión teniendo en cuenta que el ensayo de aislamiento se hará de acuerdo con lo previsto en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y normas UNE. Si el resultado es satisfactorio, se procederá a dar la tensión nominal de servicio a las redes, manteniéndolas en funcionamiento durante cien horas, como mínimo y volviendo a ensayar después el aislamiento.

### **6.12.5 Ensayo de las redes e instalaciones de alumbrado público**

Serán de aplicación los ensayos descritos para la red de baja tensión y, además, se efectuarán los siguientes:

-Comprobación de la caída de tensión desde el centro de mando a los extremos de los distintos ramales.

-Comprobación del equilibrio entre fases.

-Identificación de fases.

-Medidas de luminancia de las calzadas con auxilio de un luminómetro que facilite la casa suministradora de las luminarias.

-Medida de los parámetros de uniformidades.

-Comprobación del control del deslumbramiento  $G$  con la luminancia medida.

### 6.12.6 Medida de los parámetros de iluminación

La medida de la iluminancia y de la luminancia se efectuará en las zonas de calzada que señale la Dirección de la Obra, con el fin de hacer una medición que corresponda con la zona de estudio que figura en los Cálculos del Alumbrado.

El proceso a seguir para tales mediciones lo facilitará el Director de Obra a la vista de los aparatos disponibles y con el fin de obtener los datos más fidedignos posibles.

Los ensayos se realizarán cuando las instalaciones estén totalmente terminadas y, por tanto, los datos obtenidos se considerarán como resultados de “nueva implantación”, que serán afectados por el coeficiente comprendido entre 0,7 y 0,95, para obtener los datos “en servicio”.

Estos resultados no deberán variar de los proyectados en más de un 10%.

## 6.13 Medición y abono de las obras

### 6.13.1 Generalidades

Las obras ejecutadas se medirán por su volumen, peso, superficie, longitud o simplemente por el número de unidades, de acuerdo con la definición de unidades de obra que figuran en los presupuesto, y se abonarán a los precios señalados en él.

En los precios se considera incluidos:

- Los materiales con todos sus accesorios, a los precios resultantes a pie de obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- La mano de obra con sus pluses, cargas y seguros sociales, que intervienen directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- En su caso, los gastos de personal, de combustibles, energía, conservación, etc. y de la maquinaria que se prevea utilizar en la ejecución de la unidad de obra.

La medición y el abono de las obras ejecutadas al Contratista, debe referirse a unidades totalmente terminadas, a juicio exclusivo del Director de Obra. Solamente en casos excepcionales se incluirán obras incompletas y acopios de materiales que figuran en los Cuadros de Precios. Los materiales acopiados se abonarán como máximo, a las partes del importe correspondiente.

Las unidades de obra, que por una mayor facilidad al confeccionar los presupuestos se hayan agrupado para constituir un presupuesto parcial, deberán medirse y abonarse individualmente.

La medición de las unidades de obra ejecutadas se llevará a cabo conjuntamente por el Director de Obra y el Contratista, siendo de cuenta de este último todos los gastos de materiales y personal que se originen.

### 6.13.2 Medición y abono de la excavación

La excavación se medirá por su volumen referido al terreno y no a los productos extraídos:

El precio del metro cúbico de excavación comprende:

- Todas las operaciones necesarias para la ejecución de la excavación, cualquiera que sea la naturaleza del terreno.
- El transporte a vertedero de los productos sobrantes, con independencia de la distancia a que se encuentre, y si es necesario, el extendido o arreglo de los productos vertidos.

- El refinado de la superficie de la excavación.
- La limpieza de las calzadas y aceras que hayan resultado ensuciadas por los productos resultantes de la excavación.
- Cuantos medios y obras auxiliares sean precisos, tales como entibaciones, desagües, desvío de cauces, extracciones de agua, agotamientos, pasos provisionales, apeos de canalizaciones, protecciones, señales, etc.

### **6.13.3 Medición y abono del relleno**

El relleno se medirá y abonará por su volumen, referido al terreno y no a los productos sueltos necesarios.

El precio del metro cúbico de relleno comprende todas las operaciones necesarias para formar el relleno con los productos indicados, el transporte, la compactación o consolidación de los mismos, al 95% del proctor normal, el refinado de la superficie, el transporte a vertedero de los productos no utilizados y cuantos medios y obras auxiliares sean necesarios.

No serán abonables los excesos de relleno ejecutados por el Contratista sobre los volúmenes teóricos deducidos de los planos, Órdenes de la Dirección de las obras y perfiles reales del terreno.

A efectos de la medición de rellenos, no se tendrá en cuenta las canalizaciones, cables, etc. cuyo volumen sea inferior al 10 % del espacio total a rellenar.

### **6.13.4 Medición y abono de la red de alta tension**

La medición se hará del siguiente modo:

Teniendo cada trozo de cable y sin ser tapada la zanja, la Dirección de Obra, con cinta métrica de su propiedad, efectuará la medición del mismo siguiendo el eje del cable. Las mediciones se efectuarán hasta el final del cable. A la medida así obtenida se sumará 0,50 m por cada empalme.

La medición de los empalmes se hará por unidades e inspección ocular de la Dirección de la Obra.

El abono se hará por unidades al precio del Presupuesto, que comprende todos los conceptos necesarios para dejar las unidades terminadas para su puesta en servicio.

### **6.13.5 Herrajes**

Su unidad será el Kg. Serán medidos en longitud, sin contar los pequeños trozos empotrados y dichas longitudes serán expresadas en Kg. de acuerdo con el catálogo oficial de los fabricantes de los mismos, o en su defecto, con el Prontuario de Altos Hornos de Vizcaya.

### **6.13.6 Aparatos**

La unidad para el resto de los aparatos de las casetas de transformación será de “pieza completa”, de acuerdo con los Cuadros de precios y su número será determinado por inspección ocular de la Dirección de Obra.

### **6.13.7 Medición y abono de la red de baja tension**

La medición se hará para los conductores del siguiente modo:

La unidad será el metro. La medición se hará por el Director de Obra, con cinta métrica de su propiedad. Se supone la longitud del cable, igual a la de la tubería de plástico que lo contiene y medida dicha longitud, según

el eje de dicha tubería. La medición de los tramos de cable fuera de tuberías se hará según el eje del mismo cable.

El abono de las cajas se hará por unidades, al precio del Presupuesto, que comprende todos los conceptos necesarios para dejar las unidades terminadas para su perfecta puesta en servicio

#### **6.13.8 Medición y abono de la red de alumbrado público**

Se seguirá el mismo criterio que el expuesto en el punto 13.10. En lo referente a aparatos de cualquier tipo se tendrá en cuenta lo siguiente:

Cada aparato de un determinado tipo se medirá por pieza completa de acuerdo con la nomenclatura especificada en los presupuestos. Su número será decidido por inspección ocular del Director de la Obra.

# 7 MEDICIONES Y PRESUPUESTO

---

## 7.1 Red de media tensión

### 7.1.1 Obra civil

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Canalización de 1 metro para 1 línea subterránea de media tensión en acera (presupuesto parcial nº 1)	m	347,71	10,32	3588,37
Canalización de 1 metro para 2 líneas subterráneas de media tensión en acera (presupuesto parcial nº 2)	m	58,93	15,67	923,43
Canalización de 1 metro para 1 línea subterránea de media tensión en calzada (presupuesto parcial nº 4)	m	69,9	25,14	1757,29
Canalización de 1 metro para 2 líneas subterránea de media tensión en calzada (presupuesto parcial nº 4)	m	20,01	29,31	586,49
Construcción de arqueta de registro de red de media tensión (presupuesto parcial nº 5)	ud	24	220,77	5298,48
			<b>Total</b>	<b>12154,06</b>

- **Presupuesto parcial n° 1:**

**Canalización de 1 metro para 1 línea subterránea de media tensión en acera**

<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Total (€)</b>
Excavación	m <sup>3</sup>	0,75	2,95	2,21
Arena	m <sup>3</sup>	0,06	10,20	0,61
Tubo de polietileno de 160 mm de diámetro	m	1	5,40	5,40
Cinta señalizadora	m	1	0,35	0,35
Tapado y compactación de zanja 95% proctor normal	m <sup>3</sup>	0,7	2,50	1,75
			<b>Total</b>	<b>10,32</b>

- **Presupuesto parcial n° 2:**

**Canalización de 1 metro para 2 líneas subterráneas de media tensión en acera**

<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Total (€)</b>
Excavación	m <sup>3</sup>	0,75	2,95	2,21
Arena	m <sup>3</sup>	0,06	10,2	0,61
Tubo de polietileno de 160 mm de diámetro	m	2	5,40	10,80
Cinta señalizadora	m	1	0,35	0,35
Tapado y compactación de zanja 95% proctor normal	m <sup>3</sup>	0,68	2,50	1,70
			<b>Total</b>	<b>15,67</b>

• **Presupuesto parcial nº 3:**

**Canalización de 1 metro para 1 línea subterránea de media tensión en calzada**

<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Total (€)</b>
Excavación	m <sup>3</sup>	0,75	2,95	2,21
Arena	m <sup>3</sup>	0,06	10,20	0,61
Tubo de polietileno de 160 mm de diámetro	m	2	5,40	10,80
Hormigonado	m <sup>3</sup>	0,16	61,50	9,84
Cinta señalizadora	m	1	0,35	0,35
Tapado y compactación de zanja 95% proctor normal	m <sup>3</sup>	0,53	2,50	1,33
			<b>Total</b>	<b>25,14</b>

- **Presupuesto parcial n° 4:**

**Canalización de 1 metro para 2 líneas subterráneas de media tensión en calzada**

<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Total (€)</b>
Excavación	m <sup>3</sup>	0,75	2,95	2,21
Arena	m <sup>3</sup>	0,06	10,20	0,61
Tubo de polietileno de 160 mm de diámetro	m	3	5,40	16,20
Hormigonado	m <sup>3</sup>	0,14	61,5	8,61
Cinta señalizadora	m	1	0,35	0,35
Tapado y compactación de zanja 95% proctor normal	m <sup>3</sup>	0,53	2,50	1,33
			<b>Total</b>	<b>29,31</b>

- **Presupuesto parcial nº 5:**

**Construcción de arqueta de registro de red de media tensión**

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Excavación de pozo	m <sup>3</sup>	1,83	2,95	5,40
Mezcla pobre de arena y cemento para asiento	m <sup>3</sup>	0,13	16,20	2,11
Fábrica de ladrillo macizo realizado con mortero	m <sup>3</sup>	1,4	64,50	90,30
Enfoscado con mortero	m <sup>2</sup>	6,58	8,20	53,96
Marco y tapa de fundición con grafito esférico	ud	1	69,00	69,00
			<b>Total</b>	<b>220,77</b>

**7.1.2 Montaje eléctrico**

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Cable RH5Z1 12/20 kV 1 x 240 mm <sup>2</sup> Al + H16	m	496,55	34,56	17160,78
Terminal interior unipolar 12/20 kV 240 mm <sup>2</sup>	1 x ud	8	201,25	1610,00
Entronque aéreo subterráneo	ud	1	1365,00	1365,00
			<b>Total</b>	<b>20135,78</b>

## 7.2 Centros de transformación

### 7.2.1 Obra civil

- Centro de transformación modelo pfu-5

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Excavación para centro de transformación prefabricado, de 6,88 m x 3,18 m x 0,56 m	m <sup>3</sup>	12,25	2,95	36,14
Relleno capa de arena compactada, alisada y nivelada de 10 cm de espesor	m <sup>3</sup>	2,19	16,45	36,03
Centro de transformación prefabricado de hormigón	ud	1	9560,00	9560,00
			<b>Total</b>	<b>9632,17</b>
			<b>Total 2 CTs</b>	<b>19264,34</b>

- **Centro de transformación modelo pfu-4**

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Excavación para centro de transformación prefabricado, de 5,26 m x 3,18 m x 0,56 m	m <sup>3</sup>	9,37	2,95	27,64
Relleno capa de arena compactada, alisada y nivelada de 10 cm de espesor	m <sup>3</sup>	1,67	16,45	27,47
Centro de transformación prefabricado de hormigón	ud	1	7320,00	7320,00
			<b>Total</b>	<b>7375,11</b>
			<b>Total 2 CTs</b>	<b>14750,22</b>

## 7.2.2 Montaje eléctrico

- **Centro de transformación número 1**

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Transformador de potencia trifásico de 400 kVA, 20/0,4 kV, Dyn, tensión de cortocircuito 4%, refrigeración natural en aceite y nivel de pérdidas extra reducidas BkB0	ud	2	5930,00	11860,00
Celdas de línea modelo cgmcosmos-l	ud	2	3150,00	6300,00
Celda de protección del transformador modelo cgmcosmos-p con fusible de calibre 40 A	ud	2	2780,00	5560,00
Conjunto terminal unipolar para 1 x 150 mm <sup>2</sup> enchufable, apantallado y acodado	ud	3	245,00	735,00

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Puente de alta tensión, constituido por conductores unipolares de aluminio 3 x 95 mm <sup>2</sup>	m	6	25,22	151,32
Puente de baja tensión, constituido por 2 circuitos de conductores unipolares de aluminio 3 x 240 mm <sup>2</sup> para las fases y un circuito de 1 x 240 mm <sup>2</sup> para el neutro	m	4	288,883	1155,53
Cuadro de baja tensión para 4 salidas	ud	2	2310,00	4620,00
Cuadro auxiliar de baja tensión para 2 salidas	ud	1	1180,00	1180,00
Alumbrado del centro de transformación	ud	1	141,60	141,60
Red de puesta a tierra (presupuesto parcial nº 6)	ud	1	859,75	859,75
			<b>Total</b>	<b>31645,7</b>

- **Centro de transformación número 2**

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Transformador de potencia trifásico de 630 kVA, 20/0,4 kV, Dyn, tensión de cortocircuito 4%, refrigeración natural en aceite y nivel de pérdidas extra reducidas BkB0	ud	2	9250,00	18500,00
Celdas de línea modelo cgmcosmos-1	ud	2	3150,00	6300,00

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Conjunto terminal unipolar para 1 x 150 mm <sup>2</sup> enchufable, apantallado y acodado	ud	3	245,00	735,00
Conjunto terminal unipolar para 1 x 150 mm <sup>2</sup> de tipo normal de interior	ud	3	87,50	262,50
Puente de alta tensión, constituido por conductores unipolares de aluminio 3 x 95 mm <sup>2</sup>	m	6	25,22	151,32
Puente de baja tensión, constituido por 3 circuitos de conductores unipolares de aluminio 3 x 240 mm <sup>2</sup> para las fases y 2 circuitos de 1 x 240 mm <sup>2</sup> para el neutro	m	4	453,96	1815,84
Cuadro de baja tensión para 4 salidas	ud	2	2310,00	4620,00
Cuadro auxiliar de baja tensión para 4 salidas	ud	1	2250,00	2250,00
Alumbrado del centro de transformación	ud	1	141,60	141,60
Red de puesta a tierra (presupuesto parcial nº 7)	ud	1	859,75	859,75
			<b>Total</b>	<b>42566,01</b>

- **Presupuesto parcial n° 6:**

**Red de puesta a tierra CT1 y CT2**

<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Total (€)</b>
Excavación de zanja	m <sup>3</sup>	27	2,95	79,65
Red interior de tierra centro de transformación	ud	1	110,00	110,00
Toma de tierra, pica de acero cobreado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro	ud	16	27,20	435,20
Cable de 1x 50 mm <sup>2</sup> de cobre desnudo	m	48	3,60	172,80
Tapado y compactación de zanja	m <sup>3</sup>	27	2,30	62,10
			<b>Total</b>	<b>859,75</b>

- **Centros de transformación número 3 y 4**

<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Total (€)</b>
Transformador de potencia trifásico de 250 kVA, 20/0,4 kV, Dyn, tensión de cortocircuito 4%, refrigeración natural en aceite y nivel de pérdidas extra reducidas BkB0	ud	1	3710,00	3710,00
Celdas de línea modelo cgmcosmos-l	ud	2	3150,00	6300,00
Celda de protección del transformador modelo cgmcosmos-p con fusible de calibre 32 A	ud	1	2780,00	2780,00
Celda de seccionamiento y remonte modelo cgmcosmos-s	ud	1	1260,00	1260,00

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Celda de medida: cgmcosmos-m	ud	1	2110,00	2110,00
Conjunto terminal unipolar para 1 x 150 mm <sup>2</sup> enchufable, apantallado y acodado	ud	3	245,00	735,00
Conjunto terminal unipolar para 1 x 150 mm <sup>2</sup> de tipo normal de interior	ud	3	87,50	262,50
Puente de alta tensión, constituido por conductores unipolares de aluminio 3 x 95 mm <sup>2</sup>	m	6	25,22	151,32
Puente de baja tensión, constituido por un circuito de conductores unipolares de aluminio 3 x 240 mm <sup>2</sup> para las fases y un circuitos de 1 x 240 mm <sup>2</sup> para el neutro	m	4	165,08	660,30
Cuadro de baja tensión para 4 salidas	ud	1	2310,00	2310,00
Alumbrado del centro de transformación	ud	1	108,26	108,26
Red de puesta a tierra (presupuesto parcial nº 7)	ud	1	771,66	771,66
			<b>Total</b>	<b>26639,04</b>
			<b>Total 2 CTs</b>	<b>53278,08</b>

- **Presupuesto parcial nº 7:**

**Red de puesta a tierra CT3 y CT4**

<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Total (€)</b>
Excavación de zanja	m <sup>3</sup>	20,64	2,95	60,89
Red interior de tierra centro de transformación	ud	1	84,10	84,10
Toma de tierra, pica de acero cobreado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro	ud	16	27,20	435,20
Cable de 1x 50 mm <sup>2</sup> de cobre desnudo	m	40	3,60	144,00
Tapado y compactación de zanja	m <sup>3</sup>	20,64	2,30	47,47
			<b>Total</b>	<b>771,66</b>

## 7.3 Red de baja tensión

### 7.3.1 Obra civil

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Canalización de 1 metro para 1 línea subterránea de baja tensión en acera (presupuesto parcial nº 8)	m	1040,94	8,83	9191,50
Canalización de 1 metro para 2 líneas subterráneas de baja tensión en acera (presupuesto parcial nº 9)	m	12,32	14,18	174,70
Canalización de 1 metro para 3 líneas subterráneas de baja tensión en acera (presupuesto parcial nº 10)	m	47,19	19,53	921,62
Canalización de 1 metro para 1 línea subterránea de baja tensión en calzada (presupuesto parcial nº 11)	m	83,32	22,31	1858,87
Canalización de 1 metro para 2 líneas subterráneas de baja tensión en calzada (presupuesto parcial nº 12)	m	40,88	26,43	1080,46
Canalización de 1 metro para 3 líneas subterráneas de baja tensión en calzada (presupuesto parcial nº 13)	m	9,91	30,55	302,75
Canalización de 1 metro para 4 líneas subterráneas de baja tensión en calzada (presupuesto parcial nº 14)	m	9,94	34,67	344,62
Construcción de arqueta de registro de red de baja tensión (presupuesto parcial nº 15)	ud	115	208,27	23951,05
			<b>Total</b>	<b>37825,57</b>

- **Presupuesto parcial nº 8:**

**Canalización de 1 metro para 1 línea subterránea de baja tensión en acera**

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Excavación	m <sup>3</sup>	0,48	2,95	1,42
Arena	m <sup>3</sup>	0,06	10,20	0,61
Tubo de polietileno de 160 mm de diámetro	m	1	5,40	5,40
Cinta señalizadora	m	1	0,35	0,35
Tapado y compactación de zanja 95% proctor normal	m <sup>3</sup>	0,42	2,50	1,05
			<b>Total</b>	<b>8,83</b>

- **Presupuesto parcial nº 9:**

**Canalización de 1 metro para 2 líneas subterráneas de baja tensión en acera**

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Excavación	m <sup>3</sup>	0,48	2,95	1,42
Arena	m <sup>3</sup>	0,06	10,20	0,61
Tubo de polietileno de 160 mm de diámetro	m	2	5,40	10,80
Cinta señalizadora	m	1	0,35	0,35
Tapado y compactación de zanja 95% proctor normal	m <sup>3</sup>	0,4	2,50	1,00
			<b>Total</b>	<b>14,18</b>

- **Presupuesto parcial nº 10:**

**Canalización de 1 metro para 3 líneas subterráneas de baja tensión en acera**

<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Total (€)</b>
Excavación	m <sup>3</sup>	0,48	2,95	1,42
Arena	m <sup>3</sup>	0,06	10,20	0,61
Tubo de polietileno de 160 mm de diámetro	m	3	5,40	16,20
Cinta señalizadora	m	1	0,35	0,35
Tapado y compactación de zanja 95% proctor normal	m <sup>3</sup>	0,38	2,50	0,95
			<b>Total</b>	<b>19,53</b>

- **Presupuesto parcial nº 11:**

**Canalización de 1 metro para 1 línea subterránea de baja tensión en calzada**

<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Total (€)</b>
Excavación	m <sup>3</sup>	0,48	2,95	1,42
Arena	m <sup>3</sup>	0,06	10,2	0,61
Tubo de polietileno de 160 mm de diámetro	m	2	5,40	10,80
Cinta señalizadora	m	1	0,35	0,35
Hormigonado	m <sup>3</sup>	0,12	61,5	7,38
Tapado y compactación de zanja 95% proctor normal	m <sup>3</sup>	0,7	2,50	1,75
			<b>Total</b>	<b>22,31</b>

- **Presupuesto parcial nº 12:**

**Canalización de 1 metro para 2 líneas subterráneas de baja tensión en calzada**

<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Total (€)</b>
Excavación	m <sup>3</sup>	0,48	2,95	1,42
Arena	m <sup>3</sup>	0,06	10,20	0,61
Tubo de polietileno de 160 mm de diámetro	m	3	5,40	16,20
Cinta señalizadora	m	1	0,35	0,35
Hormigonado	m <sup>3</sup>	0,1	61,50	6,15
Tapado y compactación de zanja 95% proctor normal	m <sup>3</sup>	0,68	2,50	1,70
			<b>Total</b>	<b>26,43</b>

- **Presupuesto parcial nº 13:**

**Canalización de 1 metro para 3 líneas subterráneas de baja tensión en calzada**

<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Total (€)</b>
Excavación	m <sup>3</sup>	0,48	2,95	1,42
Arena	m <sup>3</sup>	0,06	10,20	0,61
Tubo de polietileno de 160 mm de diámetro	m	4	5,40	21,60
Cinta señalizadora	m	1	0,35	0,35
Hormigonado	m <sup>3</sup>	0,08	61,5	4,92
Tapado y compactación de zanja 95% proctor normal	m <sup>3</sup>	0,66	2,50	1,65
			<b>Total</b>	<b>30,55</b>

- **Presupuesto parcial nº 14:**

**Canalización de 1 metro para 4 líneas subterráneas de baja tensión en calzada**

<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Total (€)</b>
Excavación	m <sup>3</sup>	0,48	2,95	1,42
Arena	m <sup>3</sup>	0,06	10,20	0,61
Tubo de polietileno de 160 mm de diámetro	m	5	5,40	27,00
Cinta señalizadora	m	1	0,35	0,35
Hormigonado	m <sup>3</sup>	0,06	61,50	3,69
Tapado y compactación de zanja 95% proctor normal	m <sup>3</sup>	0,64	2,50	1,60
			<b>Total</b>	<b>34,67</b>

- **Presupuesto parcial nº 15:**

**Construcción de arqueta de registro de red de baja tensión**

<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Total (€)</b>
Excavación de pozo	m <sup>3</sup>	0,74	2,95	5,40
Mezcla pobre de arena y cemento para asiento	m <sup>3</sup>	0,074	16,20	2,11
Fábrica de ladrillo macizo realizado con mortero	m <sup>3</sup>	0,8	64,50	90,30
Enfoscado con mortero	m <sup>2</sup>	3,44	8,20	53,96
Marco y tapa de fundición con grafito esferoidal	ud	1	56,50	56,50
			<b>Total</b>	<b>208,27</b>

### 7.3.2 Montaje eléctrico

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Cable RV 0,6/1 kV Al 3x150 + 1x95	m	305,95	93,58	399,53
Cable RV 0,6/1 kV Al 3x240 + 1x150	m	1243,4	149,61	186025,07
Caja de protección y medida para un abonado	ud	9	180,00	1620,00
Caja de protección y medida para dos abonados	ud	37	80,00	2960,00
Caja de seccionamiento de red	ud	7	85,00	595,00
			<b>Total</b>	<b>191599,60</b>

## 7.4 Red de alumbrado

### 7.4.1 Obra civil

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Canalización de 1 metro para 1 línea de alumbrado en acera (presupuesto parcial nº 16)	m	2196,4	6,63	14562,13
Canalización de 1 metro para 2 líneas de alumbrado en acera (presupuesto parcial nº 17)	m	57,28	9,78	560,20
Canalización de 1 metro para 1 línea de alumbrado en calzada (presupuesto parcial nº 18)	m	310,05	14,71	4560,84
Canalización de 1 metro para 2 líneas de alumbrado en calzada (presupuesto parcial nº 19)	m	19,65	16,63	326,78
Cimentación columna de altura 8 m (presupuesto parcial nº 20)	ud	82	70,13	5750,66
Construcción de arqueta de registro de red de alumbrado (presupuesto parcial nº 21)	ud	109	208,27	22701,43
			<b>Total</b>	<b>48472,04</b>

- **Presupuesto parcial nº 16:**

**Canalización de 1 metro para 1 línea subterránea de alumbrado en acera**

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Excavación	m <sup>3</sup>	0,48	2,95	1,42
Arena	m <sup>3</sup>	0,06	10,20	0,61
Tubo de polietileno de 60 mm de diámetro	m	1	3,20	3,20
Cinta señalizadora	m	1	0,35	0,35
Tapado y compactación de zanja 95% proctor normal	m <sup>3</sup>	0,42	2,50	1,05
			<b>Total</b>	<b>6,63</b>

- **Presupuesto parcial nº 17:**

**Canalización de 1 metro para 2 líneas subterráneas de alumbrado en acera**

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Excavación	m <sup>3</sup>	0,48	2,95	1,42
Arena	m <sup>3</sup>	0,06	10,20	0,61
Tubo de polietileno de 60 mm de diámetro	m	2	3,20	6,40
Cinta señalizadora	m	1	0,35	0,35
Tapado y compactación de zanja 95% proctor normal	m <sup>3</sup>	0,4	2,50	1,00
			<b>Total</b>	<b>9,78</b>

- **Presupuesto parcial nº 18:**

**Canalización de 1 metro para 1 línea subterránea de alumbrado en calzada**

<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Total (€)</b>
Excavación	m <sup>3</sup>	0,48	2,95	1,42
Arena	m <sup>3</sup>	0,06	10,20	0,61
Tubo de polietileno de 60 mm de diámetro	m	1	3,20	3,20
Cinta señalizadora	m	1	0,35	0,35
Hormigonado	m <sup>3</sup>	0,12	61,5	7,38
Tapado y compactación de zanja 95% proctor normal	m <sup>3</sup>	0,7	2,50	1,75
			<b>Total</b>	<b>14,71</b>

- **Presupuesto parcial nº 19:**

**Canalización de 1 metro para 2 líneas subterráneas de alumbrado en calzada**

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Excavación	m <sup>3</sup>	0,48	2,95	1,42
Arena	m <sup>3</sup>	0,06	10,20	0,61
Tubo de polietileno de 60 mm de diámetro	m	2	3,20	6,40
Cinta señalizadora	m	1	0,35	0,35
Hormigonado	m <sup>3</sup>	0,1	61,50	6,15
Tapado y compactación de zanja 95% proctor normal	m <sup>3</sup>	0,68	2,50	1,70
			<b>Total</b>	<b>16,63</b>

- **Presupuesto parcial nº 20:**

**Cimentación columna de altura 8 m**

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Excavación	m <sup>3</sup>	0,78	2,95	2,30
Hormigonado	m <sup>3</sup>	0,63	70,20	44,23
Perno anclaje	ud	4	5,90	23,60
			<b>Total</b>	<b>70,13</b>

- **Presupuesto parcial nº 21:**

**Construcción de arqueta de registro de red de alumbrado**

<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Total (€)</b>
Excavación de pozo	m <sup>3</sup>	0,74	2,95	5,40
Mezcla pobre de arena y cemento para asiento	m <sup>3</sup>	0,074	16,20	2,11
Fábrica de ladrillo macizo realizado con mortero	m <sup>3</sup>	0,8	64,50	90,30
Enfoscado con mortero	m <sup>2</sup>	3,44	8,20	53,96
Marco y tapa de fundición con grafito esferoidal	ud	1	56,5	56,50
			<b>Total</b>	<b>208,27</b>

### 7.4.2 Montaje eléctrico

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Cable RV 0,6/1 kV 3x6 + 1x6	m	2875,83	4,76	13688,95
Luminaria Philips CDM-T70W con carcasa CGP431 FG y difusor OR P5	ud	82	165,00	13530,00
Báculo de 8 m de altura	ud	82	256,00	20992,00
Caja general de protección	ud	2	46,00	92,00
Equipo de medida	ud	2	190,00	380,00
Cuadro de mando y protección	ud	2	1560,00	3120,00
Toma de tierra, pica de acero cobreado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro	ud	2	27,20	54,40
Cable de 1x 35 mm <sup>2</sup> de cobre desnudo	m	2762,21	2,10	5800,64
			<b>Total</b>	<b>57657,99</b>

## 7.5 Total presupuesto del proyecto

Red de media tensión obra civil	12154,06
Red de media tensión montaje eléctrico	20135,78
Centros de transformación obra civil	34014,56
Centros de transformación montaje eléctrico	127490,51
Red de baja tensión obra civil	37825,57
Red de baja tensión montaje eléctrico	191599,60
Red de alumbrado tensión obra civil	48472,04
Red de alumbrado tensión montaje eléctrico	57657,99
<b>Total proyecto</b>	<b>529350,11</b>