

15-2-2017

SUMINISTRO Y DISTRIBUCIÓN DE  
ENERGÍA ELÉCTRICA A UN  
POLIGONO INDUSTRIAL  
T.F.G INGENIERÍA ELECTRICA



MARCO ANTONIO GARCÍA CAMACHO  
UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA



## INDICE

1. MEMORIA .....	6
1.1 Objeto .....	6
1.2 Situación y Emplazamiento .....	6
1.3 Titulares de la instalación; al inicio y al final. ....	6
1.4 Reglamentación y disposiciones oficiales.....	6
1.5 Descripción genérica de las instalaciones y su uso. ....	7
1.6 Descripción de la Instalación de Alta Tensión .....	7
1.6.1 Trazado .....	7
1.6.1.1 Puntos de entronque y final de línea. ....	7
1.6.1.2 Longitud.....	7
1.6.1.3 Relación de cruzamientos, paralelismos, etc. ....	7
1.6.2 Materiales.....	8
1.6.2.3 Conductores y Aislamiento.....	8
1.6.2.4. Accesorios .....	10
1.6.2.5. Protecciones eléctricas de principio y fin de línea.....	10
1.6.3 Zanjas y sistemas de enterramiento.....	11
1.6.3.1 Medidas de señalización y seguridad. ....	12
1.6.4 Puesta a tierra. ....	12
1.7 Centro de Reparto a los Centros Transformación .....	12
1.7.1 Descripción de la instalación .....	12
1.8 Diseño de Centro de Transformación tipo Abonado de 250 KVA (Nº1).....	14
1.8.1. Programa de necesidades y potencia instalada en KVA.....	14
1.8.2. Descripción de la instalación .....	14
1.8.3 Características de los materiales .....	14
1.8.4 Características de la red de alimentación .....	16
1.8.5 Características de la Aparamenta de Media Tensión .....	17
1.8.6. Características Descriptivas de la Aparamenta MT y Transformadores.....	18
1.8.7. Características Descriptivas de los Cuadros de Baja Tensión.....	25
1.8.8. Medida de la Energía Eléctrica .....	27
1.8.9. Tierra de Protección .....	27
1.8.10. Tierra de Servicio .....	28
1.8.11. Instalaciones Secundarias.....	28
1.9 Diseño de Centro de Transformación Tipo Compañía de 250 KVA (Nº4) .....	28

1.9.1. Programa de Necesidades y Potencia Instalada en KVA .....	28
1.9.2. Descripción de la instalación .....	28
1.9.3 Características de los materiales .....	28
1.9.4 Características de la red de alimentación .....	29
1.9.5 Características de la Aparamenta de Media Tensión .....	30
1.9.6. Características Descriptivas de la Aparamenta MT y Transformadores.....	31
1.9.7. Características Descriptivas de los Cuadros de Baja Tensión.....	32
1.9.8. Medida de la Energía Eléctrica .....	33
1.9.9. Tierra de Protección .....	33
1.9.10. Tierra de Servicio .....	33
1.9.11. Instalaciones Secundarias.....	34
1.10 Diseño de la red del Alumbrado Viario.....	34
1.10.1. Suministro de la Energía.....	34
1.10.2. Clasificación de la Instalación y Requisitos Fotométricos .....	34
1.10.2.1. Clasificación de las vías y selección de las clases de Alumbrado.....	34
1.10.2.2. Niveles de Iluminación de los viales .....	36
1.10.3. Alumbrados Específicos.....	37
1.10.3.1. Alumbrado de Parques y Jardines .....	37
1.10.3.2. Alumbrado de Glorietas.....	37
1.10.3.3. Alumbrado de vehículos al aire libre .....	37
1.10.3.4. Alumbrado de Areas de Trabajos Exteriores .....	37
1.10.3.5. Alumbrado Para Vigilancia Y Seguridad Nocturna.....	37
1.10.4. Iluminancias y Uniformidades de los Viales .....	38
1.10.5. Eficiencia Energética.....	38
1.10.5.1. Requisitos Mínimos de Eficiencia Energética .....	38
1.10.5.2. Calificación Energética de las instalaciones de Alumbrado ( $\epsilon$ ).....	39
1.10.6. Componentes de la Instalación .....	40
1.10.6.1. Lámparas .....	40
1.10.6.2. Luminarias.....	40
1.10.6.3. Equipos Auxiliares .....	41
1.10.7. Disposición de Viales y Características del Sistema de Iluminación Adoptado.....	41
1.10.8. Régimen de Funcionamiento Previsto y Descripción de los Sistemas de Accionamientos de Nivel Luminoso. ....	42
1.10.9. Soportes.....	42
1.10.10. Canalizaciones .....	43
1.10.10.1. Redes Subterráneas de Alumbrado Viario.....	43

1.10.11. Conductores .....	44
1.10.12. Sistemas de Protección.....	44
1.10.13. Sistemas de Protección.....	46
1.11 Diseño e Instalación de Baja Tensión nave industrial (Nº1).....	46
1.11.1. Descripción Genérica de las Instalaciones, Uso y Potencia.....	46
1.11.2. Descripción de las Instalaciones de Enlace.....	47
1.11.3. Cuadro General de Distribución .....	49
1.11.3.1. Situación y Características .....	49
1.11.3.2. Composición .....	50
1.11.4. Líneas de Distribución y Canalización.....	50
1.11.4.1. Sistema de distribución elegido.....	50
1.11.4.2. Descripción: longitud, sección y diámetro del tubo .....	51
1.11.4.3. Número de circuitos, identificación, destino y puntos de utilización de cada uno de ellos ....	51
1.11.5. Alumbrados Especiales.....	51
1.11.6. Líneas de Puesta a Tierra.....	51
1.11.6.1. Descripción del Sistema .....	51
1.11.6.2. Elementos a Conectar a Tierra.....	52
1.11.6.3. Puntos de Puesta a Tierra .....	52
1.11.6.4. Líneas Principales de Tierra, Derivaciones y Conductores de Protección .....	52
1.11.7. Receptores de Alumbrado.....	52
1.11.8. Receptores a Motor.....	53
1.11.9. Suministros Complementarios .....	54
1.11.9.1. Justificación de los Equipos instalados, así como su accionamiento.....	54
1.11.9.1. Tipo de Suministro .....	54
1.11.9.2. Descripción .....	54
1.11.9.3. Potencia .....	54
2. CALCULOS JUSTIFICATIVOS.....	54
2.1 Centro de Transformación de 250 KVA .....	54
2.1.1 Intensidad de Media Tensión .....	54
2.1.2 Intensidad de Baja Tensión.....	55
2.1.3 Cortocircuitos .....	55
2.1.4 Dimensionado del Embarrado .....	56
2.1.5 Comprobación por Densidad de Corriente.....	56
2.1.6 Comprobación por Solicitación Electrodinámica.....	57
2.1.7 Comprobación por Solicitación Térmica.....	57
2.1.8 Protección contra sobrecargas y Cortocircuitos.....	57

2.1.9 Dimensionado de Ventilación del Centro Transformación .....	58
2.1.10 Dimensionado del Pozo Apagafuegos .....	58
2.1.11 Calculo de las Instalaciones de Puesta a Tierra .....	58
2.2 Centro de Transformación de 400 KVA .....	64
2.2.1 Intensidad de Media Tensión .....	65
2.2.2 Intensidad de Baja Tensión.....	65
2.2.3 Cortocircuitos .....	65
2.2.4 Dimensionado del Embarrado .....	66
2.2.5 Comprobación por Densidad de Corriente.....	66
2.2.6 Comprobación por Solicitación Electrodinámica.....	67
2.2.7 Comprobación por Solicitación Térmica.....	67
2.2.8 Protección contra sobrecargas y Cortocircuitos.....	67
2.2.9 Dimensionado de Ventilación del Centro Transformación .....	68
2.2.10 Dimensionado del Pozo Apagafuegos .....	68
2.2.11 Calculo de las Instalaciones de Puesta a Tierra .....	68
2.3 Línea Subterránea de Alta Tensión.....	75
2.3.1 Intensidad y Densidad de Corriente .....	75
2.3.2 Reactancia .....	76
2.3.3 Caída de Tensión.....	76
2.3.4 Intensidad de Cortocircuito .....	76
2.3.5 Capacidad de transporte de la línea.....	76
2.3.6 Tablas resultado de cálculo tramo de AT .....	76
2.3.7 Entronque aéreo-subterráneo. Protecciones. Accesorios.....	77
2.4 Línea Subterránea de Baja Tensión (Nave Industrial Nº1) .....	79
2.4.1 Intensidad .....	79
2.4.2 Caída de Tensión.....	79
2.4.3 Intensidad de Cortocircuito .....	80
2.4.4 Tabla de Resultados.....	82
2.5 Cálculos del Alumbrado Vial del Polígono .....	102
2.5.1 Intensidad .....	102
2.5.2 Caída de Tensión.....	103
2.5.3 Tabla de Resultados.....	103
3. PLIEGO DE CONDICIONES .....	105
3.1 Calidad de los Materiales. Condición y ejecución. ....	105
3.1.1 Línea Subterránea de Alta Tensión.....	105
3.1.2 Centro de Transformación.....	106

3.1.3 Instalaciones de Baja Tensión.....	108
3.1.4 Instalaciones del Alumbrado Público .....	118
3.2 Normas y Ejecución de las Instalaciones. ....	127
3.3 Revisiones y Pruebas reglamentarias al finalizar la obra .....	128
3.4 Condiciones de Uso, mantenimiento y seguridad.....	129
3.5 Revisiones, inspecciones y pruebas periódicas reglamentarias a efectuar por parte de los instaladores, mantenedores y/o organismo de control.....	131
3.6 Certificados y documentación sujetos a homologación.....	131
3.7 Libro de Órdenes .....	132
4. PLANOS.....	132

## 1. MEMORIA

---

### 1.1 Objeto

Estudio y diseño del suministro y distribución de Energía Eléctrica a un polígono industrial que consta de tres industrias, un centro socio cultural y pistas deportivas, como trabajo fin de grado para la obtención del título de graduado en ingeniería eléctrica.

### 1.2 Situación y Emplazamiento

Se encuentra situado en la población de Lorca (Murcia), en el Polígono Industrial Saprelorca.

### 1.3 Titulares de la instalación; al inicio y al final.

*Titular al Inicio:* Universidad Politécnica de Cartagena, Plaza Cronista Isidoro Valverde, s/n, Edificio La Milagrosa, 30202 Cartagena, Murcia.

*Titular al Final:* Universidad Politécnica de Cartagena, Plaza Cronista Isidoro Valverde, s/n, Edificio La Milagrosa, 30202 Cartagena, Murcia.

### 1.4 Reglamentación y disposiciones oficiales.

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus respectivas Instrucciones Técnicas Complementarias, REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto.
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión, así como sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-LAT 01 a ITC-LAT 09), REAL DECRETO 223/2008, de 15 de febrero.
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-RAT 01 a ITC-RAT 23), REAL DECRETO 337/2014, de 9 de mayo.
- Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior y su respectiva Guía Técnica, REAL DECRETO 1890/2008.
- Contenidos Esenciales de Proyectos, resolución de la Consejería de Ciencia, Tecnología, Industria y Comercio de 9 de septiembre de 2002 por la que adoptan medidas de normalización

en la tramitación de expedientes en materia de industria, energía y minas (BORM 19 de septiembre de 2002).

- Normas Particulares de la Empresa Suministradora (Iberdrola).
- Código Técnico de la Edificación, REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo.
- Real Decreto 2949/1982 de 15 de Octubre de Acometidas Eléctricas.  
NTE-IEP. Norma tecnológica de 24-03-1973, para Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía, Decreto de 12 Marzo de 1954 y Real Decreto 1725/84 de 18 de Julio.
- Instrucciones Técnicas Complementarias, denominadas MI-BT. Aprobadas por Orden del MINER de 18 de septiembre de 2002.

## 1.5 Descripción genérica de las instalaciones y su uso.

El trabajo comprenderá el diseño de:

- Red subterránea de alta tensión de 20 kV para alimentar los centros de transformación de las respectivas naves industriales y el centro socio cultural.
- El alumbrado público del polígono industrial. Deberá diseñarse con un sistema de ahorro de energía que compense su consumo, de acuerdo con el CTE
- Los centros de transformación necesarios para satisfacer las necesidades de las respectivas industrias y el centro socio cultural, así como el entronque A/S de donde partirá la red de distribución que alimenta el polígono industrial.

## 1.6 Descripción de la Instalación de Alta Tensión

### 1.6.1 Trazado

#### 1.6.1.1 Puntos de entronque y final de línea.

El entronque se encuentra situado a la entrada principal del polígono que conecta con el centro de reparto a través de una línea subterránea de media tensión.

#### 1.6.1.2 Longitud

La línea de media tensión que une el entronque aéreo-subterráneo con el centro de reparto, tiene una distancia de 100 m de longitud.

#### 1.6.1.3 Relación de cruzamientos, paralelismos, etc.

En este caso, la línea a tratar no tiene cruzamientos con calles, caminos o carreteras, ni con ferrocarriles tampoco, por lo que la posibilidad de cruzamientos o paralelismo será con cables de energía o telecomunicación, o canalizaciones de gas o de agua de futuras obras o modificaciones.

Como los Centros de Transformación en principio es sólo para las industrias, la única línea que circulará por dicho trazado será la línea subterránea de Alta Tensión que se está exponiendo en este apartado, sin cruzamientos ni paralelismos de ningún tipo.

### 1.6.2 Materiales

#### 1.6.2.3 Conductores y Aislamiento.

El conductor será del tipo HEPRZ1 en aluminio, con aislamiento de etileno Propileno de alto gradiente (HEPR, 105 °C) y una sección de 150 mm<sup>2</sup>.

Se trata de conductores unipolares y con pantalla metálica formada por hilos de cobre en hélice con cinta de cobre a contraespira con sección 16 mm<sup>2</sup>. Otros datos importantes se muestran en la siguiente tabla después de elegir un conductor de un catálogo comercial.

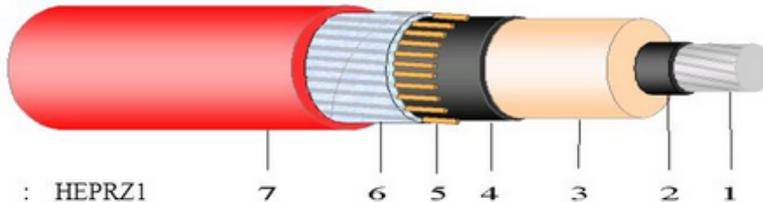
FABRICANTE	PRYSMIAN
CABLE	AL EPROTENAX H COMPACT 12/20 KV
TENSIÓN NOMINAL	12/20 KV
NORMA	UNE HD 620- 9E
CONDUCTOR	Cuerda redonda compacta de hilos de aluminio, clase 2, según UNE EN 60228
SEMICONDUCTORA INTERNA	Capa extrusionada de material semiconductor separable en frío
SEMICONDUCTORA EXTERNA	Capa extrusionada de material semiconductor separable en frío
SEPARADOR	Cinta de Poliéster
CUBIERTA EXTERIOR	Poli olefina termoplástica, Z1, Vemez, (Color rojo).



**CABLES MT**



AL EPROTENAX H COMPACT 12/20 kV, 18/30 kV



Tipo : HEPRZ1  
 Tensión : 12/20 kV, 18/30 kV  
 Norma : UNE HD 620-9E

**HOMOLOGADO POR IBERDROLA**

**Composición:**

1. **Conductor:** cuerda redonda compacta de hilos de aluminio, clase 2, conforme a norma UNE 21022.
2. **Semiconductora interna:** capa extrusionada de material conductor.
3. **Aislamiento:** etileno propileno de alto gradiente, (HEPR).
4. **Semiconductora externa:** capa extrusionada de material conductor separable en frío.
5. **Pantalla metálica:** hilos de cobre en hélice. Sección total 16 mm<sup>2</sup>
6. **Separador:** cinta.
7. **Cubierta exterior:** poliolefina termoplástica, Z1. Nombre comercial VEMEX (DMZ1).

Por desconocimiento de datos, se escogerá el tipo de cruceta seleccionado en el proyecto tipo de Iberdrola: Cruceta reta RCx-T.

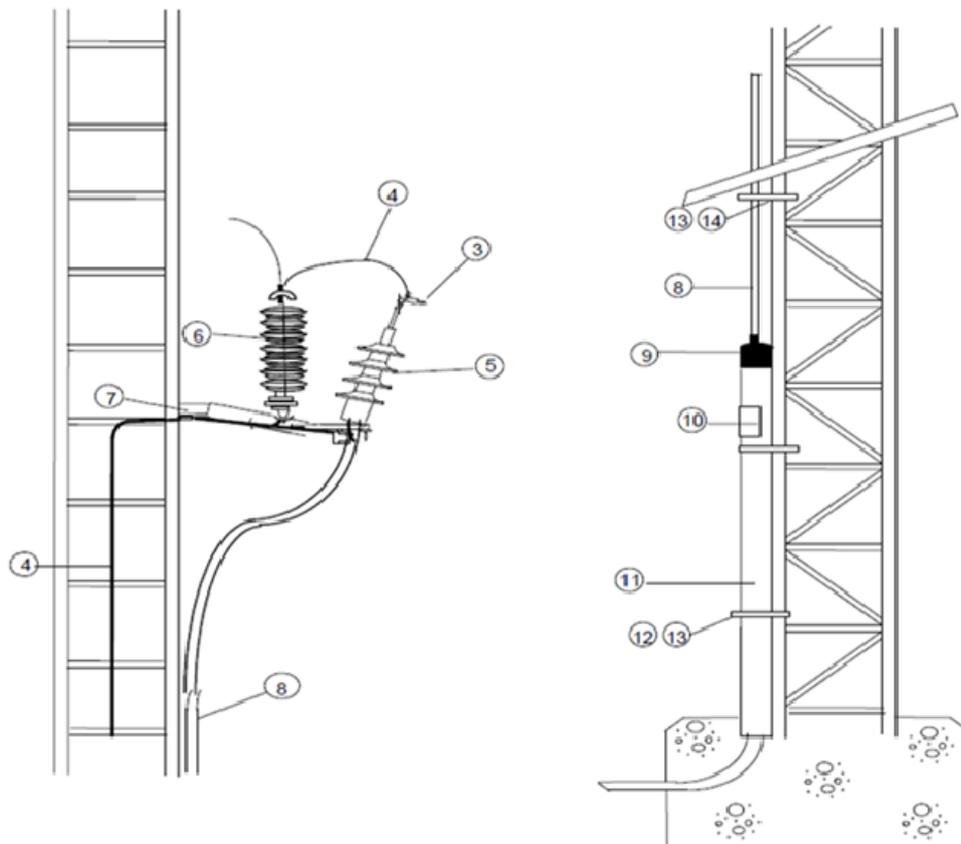


En el tramo de subida hasta la línea aérea, el cable subterráneo irá protegido dentro de un tubo o bandeja cerrada de hierro galvanizado o de material aislante con un grado de protección contra daños mecánicos no inferior a IK10 según la norma UNE-EN 50102.

El tubo o bandeja se obturará por su parte superior para evitar la entrada de agua y se empotrará en la cimentación del apoyo. Sobresaldrá 2,5 m por encima del nivel del terreno.

En el caso de tubo, su diámetro será como mínimo 1,5 veces el diámetro aparente de la terna de cables unipolares, y en el caso de bandeja, su sección tendrá una anchura mínima de 1,5 veces el diámetro de un cable unipolar, y una longitud de unas tres veces su anchura.

Deberán instalarse protecciones contra sobretensiones mediante pararrayos. Los terminales de tierra de éstos se conectarán directamente a las pantallas metálicas de los cables y entre sí, mediante una conexión lo más corta posible y sin curvas pronunciadas. Para su correcto funcionamiento y seguridad, el entronque aéreo-subterráneo estará compuesto por los siguientes elementos:



Nº	ELEMENTO	CANTIDAD
3	Punto fijo de puesta a tierra	3
4	Cable Cu desnudo	6
5	Terminal exterior A-1200-P/24	3
6	Pararrayos INZP 2110	3
7	Soporte terminal/pararrayos con envolvente polimerizado	1
8	Cable Aislado AL EPROTENAX H COMPACT 18/30 KV 3-(1*150/25)	1
9	Capuchón de protección	1
10	Identificación de la Línea	1
11	Tubo de Acero para protección	1
12/13	Anclaje/Abrazadera sujeción de tubos	2
13/14	Anclaje/Abrazadera sujeción de cable	1

#### 1.6.2.4. Accesorios

Los accesorios serán adecuados a la naturaleza, composición y sección de los cables, y no deberán aumentar la resistencia eléctrica de éstos. Los terminales deberán ser, asimismo, adecuados a las características ambientales (interior, exterior, contaminación, etc.).

Las características de terminaciones, conectores separables apantallados enchufables y empalmes serán las establecidas en la NI 56.80.02. En el caso que nos ocupa el tipo de terminal elegido es un conector separable recto ELASCON MSCS – 400 A de la casa PRYSMIAN.

TENSIÓN MÁXIMA	24KV
SECCIÓN	150- 240 mm <sup>2</sup>
REFERENCIA	MSCS-400-150-240/24-T3-P1

Las referencias de la tabla lo vemos en el anexo de documentación técnica en el catálogo de Prysmian (Pág. 51).

#### 1.6.2.5. Protecciones eléctricas de principio y fin de línea.

##### **Protección contra sobreintensidades.**

Las líneas deberán estar debidamente protegidas contra los efectos peligrosos, térmicos y dinámicos que puedan originar las sobreintensidades susceptibles de producirse en la instalación, cuando éstas puedan dar lugar a averías y daños en las citadas instalaciones. Las salidas de línea deberán estar protegidas contra cortocircuitos y, cuando proceda, contra sobrecargas. Para ello se colocarán cortocircuitos fusibles o interruptores automáticos, con emplazamiento en el inicio de las líneas. Las características de funcionamiento de dichos elementos corresponderán a las exigencias del conjunto de la instalación de la que el cable forme parte integrante, considerando las limitaciones propias de éste. En cuanto a la ubicación y agrupación de los elementos de protección de los transformadores, así como los sistemas de protección de las líneas, se aplicará lo

establecido en la ITC MIE-RAT 09 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.

Los dispositivos de protección utilizados no deberán producir, durante su actuación, proyecciones peligrosas de materiales ni explosiones que puedan ocasionar daños a personas o cosas.

Entre los diferentes dispositivos de protección contra sobrecargas pertenecientes a la misma instalación, o en relación con otros exteriores a ésta, se establecerá una adecuada coordinación de actuación para que la parte desconectada en caso de cortocircuito o sobrecarga sea la menor posible.

### Protecciones contra cortocircuitos

La protección contra cortocircuito por medio de fusibles o interruptores automáticos se establecerá de forma que la falta sea despejada en un tiempo tal que la temperatura alcanzada por el conductor durante el cortocircuito no exceda de la máxima admisible asignada en cortocircuito. Las intensidades máximas admisibles de cortocircuito en los conductores y pantallas, correspondientes a tiempos de desconexión comprendidos entre 0,1 y 3 segundos.

En nuestro caso, se emplearán cortocircuitos de expulsión del **fabricante INAEL**, en concreto el **modelo A1200P24 3AP241000**.

### Protección contra sobretensiones

Los cables deberán protegerse contra las sobretensiones peligrosas, tanto en origen interno como en origen atmosférico, cuando la importancia de la instalación, el valor de las sobretensiones y su frecuencia de ocurrencia así lo aconsejen.

Para ello se utilizarán pararrayos de resistencia variable o pararrayos de óxidos metálicos, cuyas características estarán en función de las probables intensidades de corriente a tierra que puedan preverse en caso de sobretensión o se observará el cumplimiento de las reglas de coordinación de aislamiento correspondientes.

Deberá cumplirse también, en lo referente a coordinación de aislamiento y puesta a tierra de los pararrayos, lo indicado en las instrucciones MIE-RAT 12 y MIE-RAT 13, respectivamente Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación aprobado por Real Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre.

En lo referente a protecciones contra sobretensiones serán de consideración igualmente las especificaciones establecidas por las Normas UNE-EN 60071-1, UNE-EN 60071-2 y UNE-EN 60099-5. En el caso que nos ocupa emplearemos pararrayos **INZP 2110**, también del fabricante INAEL.

### 1.6.3 Zanjas y sistemas de enterramiento.

El cable de la línea subterránea de media tensión discurrirá por una zanja de profundidad 1,2 m y una anchura de 0,5 m.

Se colocará una capa de arena de mina o de río de 20 cm en la parte inferior y otra en la parte superior para la protección del cable. Además se colocará una protección mecánica a lo largo de la trazada que consistirá en una placa de polietileno (tal y como se especifica en las características de las placas cubrecables establecidas en la NI 52.95.01).

A continuación, se tenderá una capa de tierra procedente de la excavación de 0,25 m de espesor, apisonada por medios manuales (cuidando que esta capa de tierra esté exenta de piedras o cascotes), colocando una cinta de cloruro de polivinilo con el mensaje "atención, debajo hay cables" y cubriremos y compactaremos el resto de la zanja mediante medios mecánicos, quedando la acera encima.

#### 1.6.3.1 Medidas de señalización y seguridad.

A través de todo el trazado de la línea subterránea, se extenderá una cinta señalizadora de cloruro de polivinilo y con el mensaje "atención, debajo hay cables" rotulado.

Estará situada a 0,4 m desde el suelo estando sus características recogidas en la NI 29.00.01.

#### 1.6.4 Puesta a tierra.

Puesta a tierra de cubiertas metálicas. Se conectarán a tierra las pantallas y armaduras de todas las fases en cada uno de los extremos y en puntos intermedios. Esto garantiza que no existan grandes tensiones inducidas en las cubiertas metálicas.

### 1.7 Centro de Reparto a los Centros Transformación

A partir del entronque aéreo Subterráneo bajamos con la línea subterránea de media tensión de 20 Kv hacia el centro de reparto.

Al centro de reparto llega la línea de media tensión de 20 Kv, este necesita una celda de entrada de MT, y una para la salida del cable, tiene dos celdas de salida que va dirigida hacia el centro de transformación N°3 y N°1.

Este centro de reparto no requiere centro de transformación ya que en su interior solo tiene 2 celdas de entrada y 2 de salida para el seccionamiento y maniobra de los 4 centros de transformación colocados en anillo, en una posible ampliación se podría llevar a cabo la colocación del Transformador, en este caso no es imprescindible.

Los Centros de Transformación N°1, N°2 Y N°3 son del tipo Abonado y el N°4 del tipo Compañía, como se podrá ver en el apartado de Planos

La Potencia del Centro de Transformación N°1Y N°4 es de 279 Kw y 350Kw respectivamente por lo que necesitaremos un transformador de 250 KVA.

La Potencia del Centro de Transformación N°2Y N°3 es de 450 Kw y 500Kw respectivamente por lo que necesitaremos un transformador de 400 KVA.

#### 1.7.1 Descripción de la instalación

##### Celdas: cgmcosmos

Sistema de celdas de Media Tensión modulares bajo envolvente metálica de aislamiento integral en gas SF<sub>6</sub> de acuerdo a la normativa UNE-EN 62271-200 para instalación interior, clase -5 °C según IEC 62271-1, hasta una altitud de 2000 m sobre el nivel del mar sin mantenimiento con las siguientes características generales estándar:

Características Descriptivas de la Aparata MT y Transformadores

*Celda de Entrada al centro de reparto y celda de salida hacia el centro de transformador N°3.*

Entrada / Salida 1: cgmcosmos-I Interruptor-seccionador

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda cgmcosmos-I de línea, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos ekor.vpis para la detección de tensión en los cables de acometida y alarma sonora de prevención de puesta a tierra ekor.sas.

- Características eléctricas:

1. Tensión asignada:	24 kV
2. Intensidad asignada:	630 A
3. Intensidad de corta duración (1 s), eficaz:	16 kA
4. Intensidad de corta duración (1 s), cresta:	40 kA
5. Nivel de aislamiento	
- Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases:	50 kV
- Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta):	125 kV
6. Capacidad de cierre (cresta):	40 kA
7. Capacidad de corte	
- Corriente principalmente activa:	630 A
a. Clasificación IAC:	
	AFL

- Características físicas:

8. Ancho:	365 mm
9. Fondo:	735 mm
10. Alto:	1740 mm
11. Peso:	95 kg

*Celda de Salida hacia el centro de transformación N°2*

Entrada / Salida 2: cgmcosmos-I Interruptor-seccionador

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda cgmcosmos-I de línea, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos ekor.vpis para la detección de tensión en los cables de acometida y alarma sonora de prevención de puesta a tierra ekor.sas.

Las características de las celdas son las mismas que la celda N°1

**Unidades de protección, automatismo y control**

Unidad de Control Integrado: ekor.rci

Unidad de control integrado para la supervisión y control función de línea, compuesta de un relé electrónico y sensores de intensidad. Totalmente comunicable, dialoga con la unidad remota para las funciones de telecontrol y dispone de capacidad de mando local.

Procesan las medidas de intensidad y tensión, sin necesidad de convertidores auxiliares, eliminando la influencia de fenómenos transitorios, y calculan las magnitudes necesarias para realizar las funciones de detección de sobreintensidad, presencia y ausencia de tensión, paso de falta direccional o no, etc.

Al mismo tiempo determinan los valores eficaces de la intensidad que informan del valor instantáneo de dichos parámetros de la instalación. Disponen de display y teclado para visualizar, ajustar y operar de manera local la unidad, así como puertos de comunicación para poderlo hacer también mediante un ordenador, bien sea de forma local o remota.

Los protocolos de comunicación estándar que se implementan en todos los equipos son MODBUS en modo transmisión RTU (binario) y PROCOME, pudiéndose implementar otros protocolos específicos dependiendo de la aplicación.

## 1.8 Diseño de Centro de Transformación tipo Abonado de 250 KVA (Nº1)

### 1.8.1. Programa de necesidades y potencia instalada en KVA

Se precisa el suministro de energía a una tensión de 400 V, ya que la potencia demandada de la nave es de 279 KW y con esta potencia haciendo los cálculos justificativos sale un valor de 250 KVA.

El otro tipo de Centro de Transformación tipo Abonado de 400 KVA (Nº2), es el mismo que este ya que solo cambia la potencia del transformador pero por dentro tiene las mismas celdas de media y el cuadro de baja tensión.

### 1.8.2. Descripción de la instalación

El Centro de Transformación objeto de este proyecto consta de una única envolvente, en la que se encuentra toda la aparamenta eléctrica, máquinas y demás equipos.

### 1.8.3 Características de los materiales

Edificio de Seccionamiento: **pfu-3/20**

#### - Descripción

Los edificios para Centros de Seccionamiento pfu, de superficie y maniobra interior (tipo caseta), constan de una envolvente de hormigón, de estructura monobloque, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos, desde la aparamenta de MT, hasta los cuadros de BT, incluyendo los transformadores, dispositivos de control e interconexiones entre los diversos elementos.

La principal ventaja que presentan estos Centros de Seccionamiento es que tanto la construcción como el montaje y equipamiento interior pueden ser realizados íntegramente en fábrica, garantizando con ello una calidad uniforme y reduciendo considerablemente los trabajos de obra civil y montaje en el punto de instalación. Además, su cuidado diseño permite su instalación tanto en zonas de carácter industrial como en entornos urbanos.

#### - Envolvente

La envolvente de estos centros es de hormigón armado vibrado. Se compone de dos partes: una que aglutina el fondo y las paredes, que incorpora las puertas y rejillas de ventilación natural, y otra que constituye el techo.

Las piezas construidas en hormigón ofrecen una resistencia característica de 300 kg/cm<sup>2</sup>. Además, disponen de una armadura metálica, que permite la interconexión entre sí y al colector de tierras. Esta unión se realiza mediante latiguillos de cobre, dando lugar a una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro. Las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de 10 kOhm respecto de la tierra de la envolvente.

Las cubiertas están formadas por piezas de hormigón con inserciones en la parte superior para su manipulación.

En la parte inferior de las paredes frontal y posterior se sitúan los orificios de paso para los cables de MT y BT. Estos orificios están semiperforados, realizándose en obra la apertura de los que sean necesarios para cada aplicación. De igual forma, dispone de unos orificios semiperforados practicables para las salidas a las tierras exteriores.

El espacio para el transformador, diseñado para alojar el volumen de líquido refrigerante de un eventual derrame, dispone de dos perfiles en forma de "U", que se pueden deslizar en función de la distancia entre las ruedas del transformador.

#### - Placa Piso

Sobre la placa base y a una altura de unos 400 mm se sitúa la placa piso, que se sustenta en una serie de apoyos sobre la placa base y en el interior de las paredes, permitiendo el paso de cables de MT y BT a los que se accede a través de unas troneras cubiertas con losetas.

#### - Accesos

En la pared frontal se sitúan las puertas de acceso de peatones (con apertura de 180°) y las rejillas de ventilación. Todos estos materiales están fabricados en chapa de acero.

Las puertas de acceso disponen de un dispositivo de cierre con objeto de garantizar la seguridad de funcionamiento para evitar aperturas intempestivas de las mismas del Centro de Seccionamiento. Para ello se utiliza una cerradura de diseño ORMAZABAL que anclan las puertas en dos puntos, uno en la parte superior y otro en la parte inferior.

#### - Acabado

El acabado de las superficies exteriores se efectúa con pintura acrílica rugosa de color blanco en las paredes y marrón en el perímetro de la cubierta o techo, puertas y rejillas de ventilación.

Las piezas metálicas expuestas al exterior están tratadas adecuadamente contra la corrosión.

#### - Calidad

Estos edificios prefabricados han sido acreditados con el Certificado de Calidad AENOR de acuerdo a ISO 9000.

#### - Alumbrado

El equipo va provisto de alumbrado conectado y gobernado desde el cuadro de BT, el cual dispone de un interruptor para realizar dicho cometido.

#### - Varios

Sobrecargas admisibles y condiciones ambientales de funcionamiento según normativa vigente.

- Cimentación

Para la ubicación de los Centros de Seccionamiento pfu es necesaria una excavación, cuyas dimensiones variarán en función de la solución adoptada para la red de tierras, sobre cuyo fondo se extiende una capa de arena compactada y nivelada de 100 mm de espesor.

- Características detalladas

Puertas de acceso peatón: 1 puerta de acceso

Dimensiones exteriores

Longitud:	3280 mm
Fondo:	2380 mm
Altura:	3045 mm
Altura vista:	2585 mm
Peso:	10545 kg

Dimensiones interiores

Longitud:	3100 mm
Fondo:	2200 mm
Altura:	2355 mm

Dimensiones de la excavación

Longitud:	4080 mm
Fondo:	3180 mm
Profundidad:	560 mm

Nota: Estas dimensiones son aproximadas en función de la solución adoptada para el anillo de tierras.

#### 1.8.4 Características de la red de alimentación

La red de la cual se alimenta el Centro de Transformación es del tipo subterráneo, con una tensión de 20 kV, nivel de aislamiento según la MIE-RAT 12, y una frecuencia de 50 Hz.

La potencia de cortocircuito en el punto de acometida, según los datos suministrados por la compañía eléctrica, es de 350 MVA, lo que equivale a una corriente de cortocircuito de 10,1 kA eficaces.

### 1.8.5 Características de la Aparata de Media Tensión

Celdas: cgmcosmos

Sistema de celdas de Media Tensión modulares bajo envolvente metálica de aislamiento integral en gas SF<sub>6</sub> de acuerdo a la normativa UNE-EN 62271-200 para instalación interior, clase -5 °C según IEC 62271-1, hasta una altitud de 2000 m sobre el nivel del mar sin mantenimiento con las siguientes características generales estándar:

- Construcción:

Cuba de acero inoxidable de sistema de presión sellado, según IEC 62271-1, conteniendo los elementos del circuito principal sin necesidad de reposición de gas durante 30 años.

3 Divisores capacitivos de 24 kV.

Bridas de sujección de cables de Media Tensión diseñadas para sujección de cables unipolares de hasta 630 mm<sup>2</sup> y para soportar los esfuerzos electrodinámicos en caso de cortocircuito.

Alta resistencia a la corrosión, soportando 150 h de niebla salina en el mecanismo de maniobra según norma ISO 7253.

-Seguridad:

Enclavamientos propios que no permiten acceder al compartimento de cables hasta haber conectado la puesta de tierra, ni maniobrar el equipo con la tapa del compartimento de cables retirada. Del mismo modo, el interruptor y el seccionador de puesta a tierra no pueden estar conectados simultáneamente.

Enclavamientos por candado independientes para los ejes de maniobra del interruptor y de seccionador de puesta a tierra, no pudiéndose retirar la tapa del compartimento de mecanismo de maniobras con los candados colocados.

Posibilidad de instalación de enclavamientos por cerradura independientes en los ejes de interruptor y de seccionador de puesta a tierra.

Inundabilidad: equipo preparado para mantener servicio en el bucle de Media Tensión en caso de una eventual inundación de la instalación soportando ensayo de 3 m de columna de agua durante 24 h.

Grados de Protección :

- Celda / Mecanismos de Maniobra: IP 2XD según EN 60529
- Cuba: IP X7 según EN 60529
- Protección a impactos en:
  - cubiertas metálicas: IK 08 según EN 5010
  - cuba: IK 09 según EN 5010

- Conexión de cables

La conexión de cables se realiza desde la parte frontal mediante unos pasatapas estándar.

- Enclavamientos

La función de los enclavamientos incluidos en todas las celdas cgmcosmos es que:

- o No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado, y recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal si el seccionador de puesta a tierra está conectado.
- o No se pueda quitar la tapa frontal si el seccionador de puesta a tierra está abierto, y a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

- Características eléctricas

Las características generales de las celdas cgmcosmos son las siguientes:

Tensión nominal 24 kV

Nivel de aislamiento

Frecuencia industrial (1 min)

a tierra y entre fases 50 kV

a la distancia de seccionamiento 60 kV

Impulso tipo rayo

a tierra y entre fases 125 kV

a la distancia de seccionamiento 145 kV

En la descripción de cada celda se incluyen los valores propios correspondientes a las intensidades nominales, térmica y dinámica, etc.

### 1.8.6. Características Descriptivas de la Aparamenta MT y Transformadores

Entrada / Salida 1: **cgmcosmos-I Interruptor-seccionador**

Celda con envolvente metálica, fabricada por **ORMAZABAL**, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda **cgmcosmos-I** de línea, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos **ekor.vpis** para la detección de tensión en los cables de acometida y alarma sonora de prevención de puesta a tierra **ekor.sas**.

- Características eléctricas:

- o Tensión asignada: 24 kV

- o Intensidad asignada: 630 A
- o Intensidad de corta duración (1 s), eficaz: 16 kA
- o Intensidad de corta duración (1 s), cresta: 40 kA
- o Nivel de aislamiento
- o Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases: 50 kV
- o Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta): 125 kV
- o Capacidad de cierre (cresta): 40 kA
- o Capacidad de corte
- Corriente principalmente activa: 630 A
- o Clasificación IAC: AFL
- Características físicas:
  - o Ancho: 365 mm
  - o Fondo: 735 mm
  - o Alto: 1740 mm
  - o Peso: 95 kg

- Otras características constructivas :

- o Mecanismo de maniobra interruptor: motorizado tipo BM

#### Entrada / Salida 2: **cgmcosmos-I Interruptor-seccionador**

Celda con envolvente metálica, fabricada por **ORMAZABAL** , formada por un módulo con las siguientes características:

La celda **cgmcosmos-I** de línea, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos **ekor.vpis** para la detección de tensión en los cables de acometida y alarma sonora de prevención de puesta a tierra **ekor.sas**.

- Características eléctricas:

- o Tensión asignada: 24 Kv

- o Intensidad asignada: 630 A
- o Intensidad de corta duración (1 s), eficaz: 16 kA
- o Intensidad de corta duración (1 s), cresta: 40 kA
- o Nivel de aislamiento
- Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases: 50 kV
- Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta): 125 kV
- o Capacidad de cierre (cresta): 40 kA
- o Capacidad de corte
- o Corriente principalmente activa: 630 A
- o Clasificación IAC: AFL
- Características físicas:
  - o Ancho: 365 mm
  - o Fondo: 735 mm
  - o Alto: 1740 mm
  - o Peso: 95 kg
- Otras características constructivas
  - o Mando interruptor: motorizado tipo BM

Seccionamiento Compañía: **cgmcosmos-p Protección fusibles**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda **cgmcosmos-p** de protección con fusibles, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados o asociados a ese interruptor. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar una de alarma sonora de prevención de puesta a tierra **ekor.sas**, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

- Características eléctricas:

- o Tensión asignada: 24 kV
- o Intensidad asignada en el embarrado: 400 A
- o Intensidad asignada en la derivación: 200 A
- o Intensidad fusibles: 3x25 A
- o Intensidad de corta duración (1 s), eficaz: 16 kA
- o Intensidad de corta duración (1 s), cresta: 40 kA
- o Nivel de aislamiento
- o Frecuencia industrial (1 min)
  - a tierra y entre fases: 50 kV
- o Impulso tipo rayo
  - a tierra y entre fases (cresta): 125 kV
- o Capacidad de cierre (cresta): 40 kA
- o Capacidad de corte
- o Corriente principalmente activa: 400 A
- o Clasificación IAC: AFL

- Características físicas:

- o Ancho: 470 mm
- o Fondo: 735 mm
- o Alto: 1740 mm
- o Peso: 140 kg

- Otras características constructivas:

- o Mecanismo de maniobra posición con fusibles: manual tipo BR

- o Combinación interruptor-fusibles: combinados

Remonte Cliente: **cgmcosmos-I Interruptor-seccionador**

Celda con envolvente metálica, fabricada por **ORMAZABAL** , formada por un módulo con las siguientes características:

La celda **cgmcosmos-I** de línea, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos **ekor.vpis** para la detección de tensión en los cables de acometida y alarma sonora de prevención de puesta a tierra **ekor.sas**.

- Características eléctricas:

- o Tensión asignada: 24 kV
- o Intensidad asignada: 630 A
- o Intensidad de corta duración (1 s), eficaz: 16 kA
- o Intensidad de corta duración (1 s), cresta: 40 kA
- o Nivel de aislamiento

- Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases: 50 kV

- Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta): 125 kV

- o Capacidad de cierre (cresta): 40 kA
- o Capacidad de corte

Corriente principalmente activa: 630 A

- o Clasificación IAC: AFL

- Características físicas:

- o Ancho: 365 mm

- o Fondo: 735 mm
- o Alto: 1740 mm
- o Peso: 95 kg

Protección General: **cgmcosmos-p Protección fusibles**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda **cgmcosmos-p** de protección con fusibles, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados o asociados a ese interruptor. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar una de alarma sonora de prevención de puesta a tierra **ekor.sas**, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

- Características eléctricas:

- o Tensión asignada: 24 kV
- o Intensidad asignada en el embarrado: 400 A
- o Intensidad asignada en la derivación: 200 A
- o Intensidad fusibles: 3x25 A
- o Intensidad de corta duración (1 s), eficaz: 16 kA
- o Intensidad de corta duración (1 s), cresta: 40 kA
- o Nivel de aislamiento

Frecuencia industrial (1 min)

- o a tierra y entre fases: 50 kV

Impulso tipo rayo

- o a tierra y entre fases (cresta): 125 kV

- o Capacidad de cierre (cresta): 40 kA
- o Capacidad de corte

Corriente principalmente activa: 400 A

o Clasificación IAC: AFL

- Características físicas:

- o Ancho: 470 mm
- o Fondo: 735 mm
- o Alto: 1740 mm
- o Peso: 140 kg

- Otras características constructivas:

- o Mando posición con fusibles: manual tipo BR
- o Combinación interruptor-fusibles: combinados
- o Relé de protección: ekor.rpt-2001B

Medida: **cgmcosmos-m Medida**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda **cgmcosmos-m** de medida es un módulo metálico, construido en chapa galvanizada, que permite la incorporación en su interior de los transformadores de tensión e intensidad que se utilizan para dar los valores correspondientes a los aparatos de medida, control y contadores de medida de energía.

Por su constitución, esta celda puede incorporar los transformadores de cada tipo (tensión e intensidad), normalizados en las distintas compañías suministradoras de electricidad.

La tapa de la celda cuenta con los dispositivos que evitan la posibilidad de contactos indirectos y permiten el sellado de la misma, para garantizar la no manipulación de las conexiones.

- Características eléctricas:

- o Tensión asignada: 24 kV
- o Clasificación IAC: AFL

- Características físicas:

- o Ancho: 800 mm
- o Fondo: 1025 mm
- o Alto: 1740 mm
- o Peso: 165 kg

- Otras características constructivas:

- o Transformadores de medida: 3 TT y 3 TI

De aislamiento seco y contruidos atendiendo a las correspondientes normas UNE y CEI, con las siguientes características:

\* Transformadores de tensión

Relación de transformación: 22000/V3-110/V3 V

Potencia: 25 VA

Clase de precisión: 0,5

\* Transformadores de intensidad

Relación de transformación: 5 - 10/5 A

Intensidad térmica: 80 In (mín. 5 kA)

Potencia: 15 VA

Clase de precisión: 0,5 s

Transformador 1: ***transforma.organic 24 kV***

Transformador trifásico reductor de tensión, construido según las normas citadas anteriormente, de marca ORMAZABAL, con neutro accesible en el secundario, de potencia 250 kVA y refrigeración natural éster biodegradable, de tensión primaria 20 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2).

- Otras características constructivas:

- o Regulación en el primario: +2.5%, +5%, +7.5%, +10%
- o Tensión de cortocircuito (Ecc): 4%
- o Grupo de conexión: DYN11
- o Protección incorporada al transformador: Termómetro
- o Sistema de recogida de posibles derrames de acuerdo a ITC-RAT 14, apartado 5.1 a).

### 1.8.7. Características Descriptivas de los Cuadros de Baja Tensión

Cuadros BT - B2 Transformador 1: ***Interruptor en carga + Fusibles***

El Cuadro de Baja Tensión (CBT), es un conjunto de aparata de BT cuya función es recibir el circuito principal de BT procedente del transformador MT/BT y distribuirlo en un número determinado de circuitos individuales.

El cuadro tiene las siguientes características:

- Interruptor manual de corte en carga de 400 A.
- 1 Salida formadas por bases portafusibles.
- Interruptor diferencial bipolar de 25 A, 30 mA.
- Base portafusible de 32 A y cartucho portafusible de 20 A.
- Base enchufe bipolar con toma de tierra de 16 A/ 250 V.
- Bornas(alimentación a alumbrado) y pequeño material.

- Características eléctricas

- Tensión asignada: 440 V
- Nivel de aislamiento

Frecuencia industrial (1 min)

- a tierra y entre fases: 10 kV
- entre fases: 2,5 kV

Impulso tipo rayo:

- a tierra y entre fases: 20 kV

- Dimensiones: Altura: 730 mm
- Anchura: 360 mm
- Fondo: 265 mm

El material vario del Centro de Transformación es aquel que, aunque forma parte del conjunto del mismo, no se ha descrito en las características del equipo ni en las características de la aparamenta.

- Interconexiones de MT:

Puentes MT Transformador 1: **Cables MT 12/20 kV**

Cables MT 12/20 kV del tipo HEPRZ1, unipolares, con conductores de sección y material 1x50 Al.

La terminación al transformador es EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable acodada y modelo K158LR.

En el otro extremo, en la celda, es EUROMOLD de 24 kV del tipo cono difusor y modelo OTK 224.

- Interconexiones de BT:

Puentes BT - B2 Transformador 1: **Puentes transformador-cuadro**

Juego de puentes de cables de BT, de sección y material 0,6/1 kV tipo RZ1 de 1x240Al sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 2xfase + 1xneutro.

- Defensa de transformadores:

Defensa de Transformador 1: **Celda de transformador**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda de transformador de potencia consiste en un módulo metálico, de las características indicadas a continuación, que incorpora en su interior el transformador de potencia. Cuenta con rejillas de ventilación natural y el cierre se realiza con puertas de dos hojas, con posibilidad de cerradura.

- Características eléctricas:

- o Tensión asignada: 36 kV

- Características físicas:

- o Ancho: 1800 mm
- o Fondo: 1340 mm
- o Alto: 2300 mm
- o Peso: 330 kg

- Equipos de iluminación:

Iluminación Edificio de Seccionamiento: **Equipo de iluminación**

Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los centros.

Equipo autónomo de alumbrado de emergencia y señalización de la salida del local.

Iluminación Edificio de Transformación: **Equipo de iluminación**

Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los centros.

Equipo autónomo de alumbrado de emergencia y señalización de la salida del local.

### 1.8.8. Medida de la Energía Eléctrica

El conjunto consta de un contador tarificador electrónico multifunción, un registrador electrónico y una regleta de verificación. Todo ello va en el interior de un armario homologado para contener estos equipos.

### 1.8.9. Tierra de Protección

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales de todos los aparatos y equipos instalados en el Centro de Transformación se unen a la tierra de protección: envolventes de las celdas y cuadros de BT, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc., así como la armadura del edificio (si éste es prefabricado). No se unirán, por contra, las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior

### 1.8.10. Tierra de Servicio

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en BT, debido a faltas en la red de MT, el neutro del sistema de BT se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de MT, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un cable de cobre aislado.

### 1.8.11. Instalaciones Secundarias

**Medidas de seguridad:** Para la protección del personal y equipos, se debe garantizar que:

1- No será posible acceder a las zonas normalmente en tensión, si éstas no han sido puestas a tierra. Por ello, el sistema de enclavamientos interno de las celdas debe afectar al mando del aparato principal, del seccionador de puesta a tierra y a las tapas de acceso a los cables.

2- Las celdas de entrada y salida serán con aislamiento integral y corte en gas, y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, y evitando de esta forma la pérdida del suministro en los Centros de Transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del Centro de Transformación.

3- Las bornas de conexión de cables y fusibles serán fácilmente accesibles a los operarios de forma que, en las operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo normal no carezca de visibilidad sobre estas zonas.

4- Los mandos de la aparatamenta estarán situados frente al operario en el momento de realizar la operación, y el diseño de la aparatamenta protegerá al operario de la salida de gases en caso de un eventual arco interno.

## 1.9 Diseño de Centro de Transformación Tipo Compañía de 250 KVA (Nº4)

### 1.9.1. Programa de Necesidades y Potencia Instalada en KVA

Se precisa el suministro de energía a una tensión de 400 V, con una potencia demandada de 350 kW. Para atender a las necesidades de la nave industrial (Nº4), la potencia total instalada en este Centro de Transformación es de 250 kVA.

### 1.9.2. Descripción de la instalación

El Centro de Transformación objeto de este proyecto consta de una única envolvente, en la que se encuentra toda la aparatamenta eléctrica, máquinas y demás equipos.

### 1.9.3 Características de los materiales

Edificio de Transformación: **miniblok-24**

#### - Descripción

miniBLOK es un Centro de Transformación compacto compartimentado, de maniobra exterior, diseñado para redes públicas de distribución eléctrica en Media Tensión (MT).

miniBLOK es aplicable a redes de distribución de hasta 36 kV, donde se precisa de un transformador de hasta 630 kVA.

Consiste básicamente en una envolvente prefabricada de hormigón de reducidas dimensiones, que incluye en su interior un equipo compacto de MT, un transformador, un cuadro de BT y las correspondientes interconexiones y elementos auxiliares. Todo ello se suministra ya montado en fábrica, con lo que se asegura un acabado uniforme y de calidad.

El esquema eléctrico disponible en MT cuenta con 2 posiciones de línea (entrada y salida) y una posición de interruptor combinado con fusibles para la maniobra y protección del transformador, así como un cuadro de BT con salidas protegidas por fusibles.

La concepción de estos centros, que mantiene independientes todos sus componentes, limita la utilización de líquidos aislantes combustibles, a la vez que facilita la sustitución de cualquiera de sus componentes.

Así mismo, la utilización de apartamento de MT con aislamiento integral en gas reduce la necesidad de mantenimiento y le confiere unas excelentes características de resistencia a la polución y a otros factores ambientales, e incluso a la eventual inundación del Centro de Transformación.

#### - Envoltente

Los edificios prefabricados de hormigón para miniBLOK están formados por una estructura monobloque, que agrupa la base y las paredes en una misma pieza garantizando una total impermeabilidad del conjunto y por una cubierta movable.

Las piezas construidas en hormigón ofrecen una resistencia característica de 300 kg/cm<sup>2</sup>. Además, disponen de una armadura metálica, que permite la interconexión entre sí y al colector de tierras. Esta unión se realiza mediante latiguillos de cobre, dando lugar a una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro. Las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de 10 kOhm respecto de la tierra de la envoltente.

En la parte frontal dispone de dos orificios de salida de cables de 150 mm de diámetro para los cables de MT y de cinco agujeros para los cables de BT, pudiendo disponer además en cada lateral de otro orificio de 150 mm de diámetro. La apertura de los mismos se realizará en obra utilizando los que sean necesarios para cada aplicación.

#### - Características Detalladas

Nº de transformadores: 1

Puertas de acceso peatón: 1 puerta

Dimensiones exteriores

Longitud:	2100 mm
Fondo:	2100 mm
Altura:	2240 mm
Altura vista:	1540 mm
Peso:	7500 kg

Dimensiones de la excavación

Longitud:	4300 mm
Fondo:	4300 mm
Profundidad:	800 mm

### 1.9.4 Características de la red de alimentación

La red de la cual se alimenta el Centro de Transformación es del tipo subterráneo, con una tensión de 20 kV, nivel de aislamiento según la MIE-RAT 12, y una frecuencia de 50 Hz.

La potencia de cortocircuito en el punto de acometida, según los datos suministrados por la compañía eléctrica, es de 350 MVA, lo que equivale a una corriente de cortocircuito de 10,1 kA eficaces.

### 1.9.5 Características de la Aparamenta de Media Tensión

Celdas: cgmcosmos-2lp

El sistema cgmcosmos está compuesto 2 posiciones de línea y 1 posición de protección con fusibles, con las siguientes características:

**Celdas cgmcosmos:** El sistema cgmcosmos compacto es un equipo para MT, integrado y totalmente compatible con el sistema cgmcosmos modular, extensible "in situ" a izquierda y derecha. Sus embarrados se conectan utilizando unos elementos de unión patentados por ORMAZABAL y denominados ormalink, consiguiendo una conexión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas (polución, salinidad, inundación, etc.). Incorpora tres funciones por cada módulo en una única cuba llena de gas, en la cual se encuentran los aparatos de maniobra y el embarrado.

**Base y frente:** La base está diseñada para soportar al resto de la celda, y facilitar y proteger mecánicamente la acometida de los cables de MT. La tapa que los protege es independiente para cada una de las tres funciones. El frente presenta el mímico unifilar del circuito principal y los ejes de accionamiento de la aparamenta a la altura idónea para su operación.

La parte frontal incluye en su parte superior la placa de características eléctricas, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la celda, los accesos a los accionamientos del mando y el sistema de alarma sonora de puesta a tierra. En la parte inferior se encuentra el dispositivo de señalización de presencia de tensión y el panel de acceso a los cables y fusibles. En su interior hay una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión a la misma del sistema de tierras y de las pantallas de los cables.

Lleva además un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

La tapa frontal es común para las tres posiciones funcionales de la celda.

**Cuba:** La cuba, fabricada en acero inoxidable de 2 mm de espesor, contiene el interruptor, el embarrado y los portafusibles, y el gas se encuentra en su interior a una presión absoluta de 1,15 bar (salvo para celdas especiales). El sellado de la cuba permite el mantenimiento de los requisitos de operación segura durante toda su vida útil, sin necesidad de reposición de gas.

Esta cuba cuenta con un dispositivo de evacuación de gases que, en caso de arco interno, evita, con ayuda de la altura de las celdas, su incidencia sobre las personas o la aparamenta del Centro de Transformación.

La cuba es única para las tres posiciones con las que cuenta la celda cgmcosmos y en su interior se encuentran todas las partes activas de la celda (embarrados, interruptor-seccionador, puestas a tierra, tubos portafusibles).

**Interruptor/Seccionador/Seccionador de puesta a tierra:** Los interruptores disponibles en el sistema cgmcosmos compacto tienen tres posiciones: conectado, seccionado y puesto a tierra.

La actuación de este interruptor se realiza mediante palanca de accionamiento sobre dos ejes distintos: uno para el interruptor (conmutación entre las posiciones de interruptor conectado e interruptor seccionado); y otro para el seccionador de puesta a tierra de los cables de acometida (que conmuta entre las posiciones de seccionado y puesto a tierra).

**Mando:** Los mandos de actuación son accesibles desde la parte frontal, pudiendo ser accionados de forma manual o motorizada.

**Fusibles (Celda cgmcosmos -p):** En las celdas cgmcosmos-p, los fusibles se montan sobre unos carros que se introducen en los tubos portafusibles de resina aislante, que son perfectamente estancos respecto del gas y del exterior. El disparo se producirá por fusión de uno de los fusibles o cuando la presión interior de los tubos portafusibles se eleve debido a un fallo en los fusibles o al calentamiento excesivo de éstos. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida.

**Conexión de cables:** La conexión de cables se realiza desde la parte frontal mediante unos pasatapas estándar.

**Enclavamientos:** La función de los enclavamientos incluidos en todas las celdas cgmcosmos es que:

- No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado, y recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal si el seccionador de puesta a tierra está conectado.

-No se pueda quitar la tapa frontal si el seccionador de puesta a tierra está abierto, y a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

**Características eléctricas:** Las características generales de las celdas cgmcosmos son las siguientes:

- o Tensión nominal 24 kV
- o Nivel de aislamiento
- o Frecuencia industrial (1 min)
  - a tierra y entre fases 50 kV
  - a la distancia de seccionamiento 60 kV
  - o Impulso tipo rayo
    - a tierra y entre fases 125 kV
    - a la distancia de seccionamiento 145 kV

En la descripción de cada celda se incluyen los valores propios correspondientes a las intensidades nominales, térmica y dinámica, etc.

### 1.9.6. Características Descriptivas de la Aparata MT y Transformadores

E/S1,E/S2,PT1: cgmcosmos-2lp: Celda compacta con envoltorio metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por varias posiciones con las siguientes características:

**CGMCOSMOS-2LP** es un equipo compacto para MT, integrado y totalmente compatible con el sistema cgmcosmos.

La celda cgmcosmos-2lp está constituida por tres funciones: dos de línea o interruptor en carga y una de protección con fusibles, que comparten la cuba de gas y el embarrado.

Las posiciones de línea, incorporan en su interior una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

La posición de protección con fusibles incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador igual al antes descrito, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados con ese interruptor. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

**Transformador 1: transformador aceite 24 kV:** Transformador trifásico reductor de tensión, construido según las normas citadas anteriormente, de marca ORMAZABAL, con neutro accesible en el secundario, de potencia 250 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 20 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2).

**Otras características constructivas:**

- o Regulación en el primario: + 2,5%, + 5%, + 7,5%, + 10 %
- o Tensión de cortocircuito (Ecc): 4%
- o Grupo de conexión: Dyn11
- o Protección incorporada al transformador: Sin protección Propio

### 1.9.7. Características Descriptivas de los Cuadros de Baja Tensión

**Cuadros BT - B2 Transformador 1:** El Cuadro de Baja Tensión CBTO-C , es un conjunto de aparataje de BT cuya función es recibir el circuito principal de BT procedente del transformador MT/BT y distribuirlo en un número determinado de circuitos individuales.

La estructura del cuadro CBTO-C de ORMAZABAL está compuesta por un bastidor aislante, en el que se distinguen las siguientes zonas:

**Zona de acometida, medida y de equipos auxiliares:** En la parte superior de CBTO-C existe un compartimento para la acometida al mismo, que se realiza a través de un pasamuros tetrapolar, evitando la penetración del agua al interior. CBTO-C incorpora 4 seccionadores unipolares para seccionar las barras.

**Zona de salidas:** Está formada por un compartimento que aloja exclusivamente el embarrado y los elementos de protección de cada circuito de salida. Esta protección se encomienda a fusibles de la intensidad máxima más adelante citada, dispuestos en bases trifásicas verticales cerradas (BTVC) pero maniobradas fase a fase, pudiéndose realizar las maniobras de apertura y cierre en carga.

### Características eléctricas:

- Tensión asignada de empleo: 440 V
- Tensión asignada de aislamiento: 500 V
- Intensidad asignada en los embarrados: 1600 A
- Frecuencia asignada: 50 Hz
- Nivel de aislamiento
- Frecuencia industrial (1 min)
  - a tierra y entre fases: 10 kV
  - entre fases: 2,5 kV
- Intensidad Asignada de Corta duración 1s: 24 kA
- Intensidad Asignada de Cresta: 50,5 kA

### Características constructivas:

- Anchura: 1000 mm
- Altura: 1360 mm
- Fondo: 350 mm

### Otras características:

- Salidas de Baja Tensión: 4 salidas (4 x 400 A)

**Interconexiones de MT:** En el otro extremo, en la celda, es EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable acodada y modelo K158LR.

**Interconexiones de BT:** Puentes BT - B2 Transformador 1: Puentes transformador-cuadro

Juego de puentes de cables de BT, de sección y material 0,6/1 kV tipo RZ1 de 1x150Cu (Etileno-Propileno) sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 2xfase + 1xneutro.

**Equipos de iluminación:** Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los centros.

## 1.9.8. Medida de la Energía Eléctrica

Al tratarse de un Centro de Distribución público, no se efectúa medida de energía en MT.

## 1.9.9. Tierra de Protección

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales de todos los aparatos y equipos instalados en el Centro de Transformación se unen a la tierra de protección: envolventes de las celdas y cuadros de BT, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc., así como la armadura del edificio (si éste es prefabricado). No se unirán, por contra, las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior

## 1.9.10. Tierra de Servicio

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en BT, debido a faltas en la red de MT, el neutro del sistema de BT se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de MT, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un cable de cobre aislado.

### 1.9.11. Instalaciones Secundarias

**Medidas de seguridad:** Para la protección del personal y equipos, se debe garantizar que:

- 1- No será posible acceder a las zonas normalmente en tensión, si éstas no han sido puestas a tierra. Por ello, el sistema de enclavamientos interno de las celdas debe afectar al mando del aparato principal, del seccionador de puesta a tierra y a las tapas de acceso a los cables.
- 2- Las celdas de entrada y salida serán con aislamiento integral y corte en gas, y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, y evitando de esta forma la pérdida del suministro en los Centros de Transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del Centro de Transformación.
- 3- Las bornas de conexión de cables y fusibles serán fácilmente accesibles a los operarios de forma que, en las operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo normal no carezca de visibilidad sobre estas zonas.
- 4- Los mandos de la aparatamenta estarán situados frente al operario en el momento de realizar la operación, y el diseño de la aparatamenta protegerá al operario de la salida de gases en caso de un eventual arco interno.

## 1.10 Diseño de la red del Alumbrado Viario

### 1.10.1. Suministro de la Energía

La energía se le suministrará a la tensión de 400 V., procedente de la red de distribución en B.T del Centro de Transformación Socio Cultural (Nº3), ya que este un centro de compañía.

### 1.10.2. Clasificación de la Instalación y Requisitos Fotométricos

#### 1.10.2.1. Clasificación de las vías y selección de las clases de Alumbrado

El criterio principal de clasificación de las vías es la velocidad de circulación, según se establece a continuación:

Clasificación	Tipo de vía	Velocidad del tráfico rodado (km/h)
A	Alta velocidad	$v > 60$
B	Moderada velocidad	$30 < v < 60$
C	Carriles bici	-----
D	Baja velocidad	$5 < v < 30$
E	Vías peatonales	$v < 5$

Mediante otros criterios, tales como el tipo de vía y la intensidad media de tráfico diario (IMD), se establecen subgrupos dentro de la clasificación anterior, nuestra clasificación de vía es del tipo B. En las tablas siguientes se definen las clases de alumbrado para las diferentes situaciones de proyecto.

#### Clases de alumbrado para vías tipo A

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de alumbrado
A1	Autopistas y autovías:	

	IMD >25.000	ME1
	IMD >15.000 y < 25.000	ME2
	IMD < 15.000	ME3a
	Vías rápidas:	
	IMD > 15.000	ME1
	IMD < 15.000	M2
A2	Interurbanas sin separac. aceras: Ctras. locales zonas rurales:	
	IMD >7.000	ME1/ME2
	IMD < 7.000	ME3a/ME4a
A3	Colectoras y rondas circunvalación: Interurbanas accesos no restringidos: Urbanas tráfico importante: Principales ciudad y travesías poblac:	
	IMD >25.000	ME1
	IMD >15.000 y < 25.000	ME2
	IMD >7.000 y < 15.000	ME3b
	IMD < 7.000	ME4a/ME4b

Clases de alumbrado para vías tipo B

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de alumbrado
B1	Urbanas secund. conex. urb. traf. imp.: Distrib. locales y accesos resid. y fincas: IMD <7.000 IMD < 7.000	ME2/ME3c ME4b/ME5/ME6
B2	Locales áreas rurales: IMD >7.000 IMD < 7.000	ME2/ME3b ME4b/ME5

Clases de alumbrado para vías tipo C y D

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de alumbrado
C1	Carriles bici independientes: Flujo ciclistas Alto Flujo ciclistas Normal	S1/S2 S3/S4
D1 - D2	Areas aparcam. autopistas y autovías: Aparcamientos en general: Estaciones de autobuses: Flujo peatones Alto Flujo peatones Normal	CE1A/CE2 CE3/CE4
D3 - D4	Resid. suburb. con aceras para peatones: Zonas velocidad muy limitada: Flujo peatones y ciclistas Alto Flujo peatones y ciclistas Normal	CE2/S1/S2 S3/S4

Clases de alumbrado para vías tipo E

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de alumbrado
E1	Peatonales y aceras: Paradas de autobús: Áreas comerciales peatonales: Flujo peatones Alto Flujo peatones Normal	CE1A/CE2/S1 S2/S3/S4
E2	Zonas comerc. acceso restringido Flujo peatones Alto Flujo peatones Normal	CE1A/CE2/S1 S2/S3/S4

Nuestra clasificación de iluminación en el polígono Industrial es del tipo B1, según vemos en nuestras tablas

1.10.2.2. Niveles de Iluminación de los viales

A continuación se reflejan los requisitos fotométricos aplicables a las vías correspondientes a las diferentes clases de alumbrado.

**Series ME de clase de alumbrado para viales secos tipos A y B**

Clase de Alumbrado	Luminancia Media Lm (cd/m <sup>2</sup> )	Uniformidad Global Uo	Uniformidad Longitudinal UI	Incremento Umbral TI (%)	Relación Entorno SR
ME1	2,00	0,40	0,70	10	0,50
ME2	1,50	0,40	0,70	10	0,50
ME3a	1,00	0,40	0,70	15	0,50
ME3b	1,00	0,40	0,60	15	0,50
ME3c	1,00	0,40	0,50	15	0,50
ME4a	0,75	0,40	0,60	15	0,50
ME4b	0,75	0,40	0,50	15	0,50
ME5	0,50	0,35	0,40	15	0,50
ME6	0,30	0,35	0,40	15	--

La clase de alumbrado para nuestro tipo B1, es ME1

**Series S de clase de alumbrado para viales tipos C, D y E**

Clase de Alumbrado	Ilumin. horiz. Media Em (lux)	Ilumin. horiz. mínima Emin (lux)
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1

**Series CE de clase de alumbrado para viales tipos D y E**

Clase de Alumbrado	Ilumin. horiz. Media Em (lux)	Uniformidad Media (Um)
--------------------	-------------------------------	------------------------

CEO	50	0,40
CE1	30	0,40
CE1A	25	0,40
CE2	20	0,40
CE3	15	0,40
CE4	10	0,40
CE5	7,5	0,40

### 1.10.3. Alumbrados Específicos

#### 1.10.3.1. Alumbrado de Parques y Jardines

Los viales principales, tales como accesos al parque o jardín, sus paseos y glorietas, áreas de estancia y escaleras, que estén abiertos al público durante las horas nocturnas, deberán iluminarse como las vías de tipo E

#### 1.10.3.2. Alumbrado de Glorietas

Además de la iluminación de la glorieta el alumbrado deberá extenderse a las vías de acceso a la misma, en una longitud adecuada de al menos 200 m en ambos sentidos.

Los niveles de iluminación para glorietas serán unos 50 % mayores que los niveles de los accesos o entradas, con los valores de referencia siguientes:

- Iluminancia media horizontal:  $E_m > 40$  lux
- Uniformidad media:  $U_m > 0,5$
- Deslumbramiento máximo:  $GR < 45$

#### 1.10.3.3. Alumbrado de vehículos al aire libre

El alumbrado de aparcamientos al aire libre cumplirá con los requisitos fotométricos de las clases de alumbrado correspondientes a la situación de proyecto D1-D2.4.

#### 1.10.3.4. Alumbrado de Areas de Trabajos Exteriores

Se considerarán como valores de referencia, los niveles de iluminación especificados en la norma EN 12464-2007.

#### 1.10.3.5. Alumbrado Para Vigilancia Y Seguridad Nocturna

Los valores de referencia de los niveles de iluminancia media vertical en fachada del edificio y horizontal en las inmediaciones del mismo, en función de la reflectancia o factor de reflexión de la fachada, serán:

Factor de reflexión Fachada Edificio	Iluminancia Media $E_m$ (lux)	
	Vertical en Fachada	Horizontal en Inmediaciones
Muy clara	1	1
Normal	2	2
Oscura	4	2
Muy oscura	8	4

En las áreas destinadas a actividades industriales, comerciales, de servicios, deportivas, recreativas, etc. los niveles de referencia medios de iluminancia serán los siguientes:

- Areas de riesgo normal: 5 lux.
- Areas de riesgo elevado: 20 lux.
- Areas de alto riesgo: 50 lux.

### 1.10.4. Iluminancias y Uniformidades de los Viales

En cuanto a iluminancias y uniformidades de iluminación, los valores aconsejados para viales de ámbito municipal (en España) se indican en la publicación sobre Alumbrado Público del Ministerio de la Vivienda (1965), y que figuran en la siguiente tabla:

<u>TIPO DE VIA</u>	<u>VALORES MINIMOS</u>		<u>VALORES NORMALES</u>	
	Iluminación Media lx	Factor de Uniformidad	Iluminación Media lx	Factor de Uniformidad
Carreteras de las redes básica o afluyente	15	0.25	22	0.30
Vías principales o de penetración continuación de carreteras de las redes básica o afluyente	15	0.25	22	0.30
Vías principales o de penetración continuación de carreteras de la red comarcal	10	0.25	15	0.25
Vías principales o de penetración continuación de carreteras de las redes local o vecinal	7	0.20	10	0.25
Vías industriales	4	0.15	7	0.20
Vías comerciales de lujo con tráfico rodado	15	0.25	22	0.30
Vías comerciales con tráfico rodado, en general	7	0.20	15	0.25
Vías comerciales sin tráfico rodado	4	0.15	10	0.25
Vías residenciales con tráfico rodado	7	0.15	10	0.25
Vías residenciales con poco tráfico rodado	4	0.15	7	0.20
Grandes plazas	15	0.25	20	0.30
Plazas en general	7	0.20	10	0.25
Paseos	10	0.25	15	0.25

### 1.10.5. Eficiencia Energética

#### 1.10.5.1. Requisitos Mínimos de Eficiencia Energética

##### A/ Instalaciones de alumbrado vial funcional (vías clasificadas como A o B).

Las instalaciones de alumbrado vial funcional, con independencia del tipo de lámpara,

pavimento y de las características o geometría de la instalación, deberán cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética que se fijan a continuación:

Illuminación media en servicio  $E_m$  (lux)      Eficiencia energética mínima ( $m^2 \cdot \text{lux} / W$ )

>30	22
25	20
20	17,5
15	15
10	12
<7,5	9,5

Para el polígono Industrial la iluminación media en servicio es superior a 30(Lux) por lo que la eficiencia energética mínima es de 22  $m^2 \cdot \text{lux} / W$

B/ Instalaciones de alumbrado vial ambiental (vías clasificadas como C, D o E).

Las instalaciones de alumbrado vial ambiental, con independencia del tipo de lámpara y de las características o geometría de la instalación, así como disposición de las luminarias, deberán cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética que se fijan a continuación:

Illuminación media en servicio  $E_m$  (lux)      Eficiencia energética mínima ( $m^2 \cdot \text{lux} / W$ )

>20	9
15	7,5
10	6
7,5	5
<5	3,5

D/ Otras instalaciones de alumbrado.

Se iluminará únicamente la superficie que se quiere dotar de alumbrado, instalando lámparas de elevada eficacia luminosa y equipos auxiliares de pérdidas mínimas. Las luminarias y proyectores dispondrán de un rendimiento luminoso elevado.

El factor de utilización y mantenimiento de la instalación será el más elevado posible.

#### 1.10.5.2. Calificación Energética de las instalaciones de Alumbrado ( $\epsilon$ )

Las instalaciones de alumbrado exterior, excepto las de alumbrados de señales y anuncios luminosos y festivo y navideño, se calificarán en función de su índice de eficiencia energética.

Con objeto de facilitar la interpretación de la calificación energética de la instalación de alumbrado y en consonancia con lo establecido en otras reglamentaciones, se define una etiqueta que caracteriza el consumo de energía de la instalación mediante una escala de siete letras que va desde la letra A (instalación más eficiente y con menos consumo de energía) a la letra G (instalación menos eficiente y con más consumo de energía).

La calificación energética de la instalación, en función del índice de eficiencia energética ( $I\epsilon$ ) o del índice de consumo energético ICE, será:

Calificación Energética	Índice de consumo energético	Índice de Eficiencia Energética
A	$ICE < 0,91$	$I_e > 1,1$
B	$0,91 < ICE < 1,09$	$1,1 > I_e > 0,92$
C	$1,09 < ICE < 1,35$	$0,92 > I_e > 0,74$
D	$1,35 < ICE < 1,79$	$0,74 > I_e > 0,56$
E	$1,79 < ICE < 2,63$	$0,56 > I_e > 0,38$
F	$2,63 < ICE < 5,00$	$0,38 > I_e > 0,20$
G	$ICE < 5,00$	$I_e > 0,20$

### 1.10.6. Componentes de la Instalación

En lo referente a los métodos de medida y presentación de las características fotométricas de lámparas y luminarias, se seguirá lo establecido en las normas relevantes de la serie UNE-EN 13032 "Luz y alumbrado. Medición y presentación de datos fotométricos de lámparas y luminarias".

El flujo hemisférico superior instalado, rendimiento de la luminaria, factor de utilización, grado de protección IP, eficacia de la lámpara y demás características relevantes para cada tipo de luminaria, lámpara o equipos auxiliares, deberán ser garantizados por el fabricante, mediante una declaración expresa o certificación de un laboratorio acreditativo.

#### 1.10.6.1. Lámparas

Con excepción de las iluminaciones navideñas y festivas, las lámparas utilizadas en la instalación tendrán una eficacia luminosa superior a:

- 40 lum/W, para alumbrados de vigilancia y seguridad nocturna y de señales y anuncios luminosos.
- 65 lum/W, para alumbrados vial, específico y ornamental.

Cada punto de luz deberá tener compensado individualmente el factor de potencia para que sea igual o superior a 0,90.

#### 1.10.6.2. Luminarias

Las luminarias y proyectores que se instalen, excepto en alumbrado festivo y navideño, deberán cumplir los requisitos siguientes:

Parámetros	Alumbrado vial		Resto alumbrados	
	Funcional	Ambiental	Proyectores	Luminarias
Rendimiento	>65 %	>55 %	>55 %	>60 %
Factor utilización	(1)	(1)	>0,25	>0,30

(1) Alcanzarán los valores que permitan cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética.

Las luminarias utilizadas en el alumbrado exterior serán conformes a la norma UNE-EN 60.598-2-3 y la UNE-EN 60.598-2-5 en el caso de proyectores de exterior.

La conexión se realizará mediante cables flexibles, que penetren en la luminaria con la holgura suficiente para evitar que las oscilaciones de ésta provoquen esfuerzos perjudiciales en los cables y en los terminales de conexión, utilizándose dispositivos que no disminuyan el grado de protección de luminaria IP X3 según UNE 20.324.

Los equipos eléctricos de los puntos de luz para montaje exterior poseerán un grado de protección mínima IP54 según UNE 20.324, e IK 8 según UNE-EN 50.102, montados a

una altura mínima de 2,5 m sobre el nivel del suelo.

### 1.10.6.3. Equipos Auxiliares

La potencia eléctrica máxima consumida por el conjunto del equipo auxiliar y lámpara de descarga, no superará los valores siguientes:

Potencia nominal lámpara (W)	Potencia total conjunto (W)			
	SAP	HM	SBP	VM
18	-	-	23	-
35	-	-	42	-
50	62	-	-	60
55	-	-	65	-
70	84	84	-	-
80	-	-	-	92
90	-	-	112	-
100	116	116	-	-
125	-	-	-	139
135	-	-	163	-
150	171	171	-	-
180	-	-	215	-
250	277	270/277	-	270
400	435	425/435	-	425

### 1.10.7. Disposición de Viales y Características del Sistema de Iluminación Adoptado

Los viales existentes tienen la siguiente configuración:

- Anchura cada calzada: 8
- Anchura cada acera: 1,5
- Clasificación de la vía en función de la velocidad de tráfico rodado: B
- Clasificación de la zona en función de su protección contra la contaminación luminosa: B1

El sistema de iluminación adoptado, para dar cumplimiento a lo señalado en los apartados anteriores, tendrá las siguientes características:

- Altura soportes (m): 10
- Separación puntos de luz sobre calzada (m): 20
- Relación de luminarias: DM11
  - o Tipo: LUMA
  - o Modelo: BGP627 T25 1 xLED219-4S/757
  - o Rendimiento (%): 0,90
  - o Flujo hemisférico superior instalado (%): 50
- Relación de lámparas:
  - o Tipo: LED
  - o Potencia nominal (W): 125
  - o Potencia del conjunto lámpara y equipo auxiliar (W): 136
  - o Eficiencia: 85%
  - o Flujo luminoso (lumen): 19800 lm
- Factor de utilización de la instalación: 1
- Factor de mantenimiento de la instalación: 1

- Eficiencia energética de la instalación ( $\text{m}^2 \cdot \text{lux/W}$ ): 22

### 1.10.8. Régimen de Funcionamiento Previsto y Descripción de los Sistemas de Accionamientos de Nivel Luminoso.

Las instalaciones de alumbrado exterior, con excepción de túneles y pasos inferiores, estarán en funcionamiento como máximo durante el periodo comprendido entre la puesta de sol y su salida o cuando la luminosidad ambiente lo requiera.

Con la finalidad de ahorrar energía, disminuir el resplandor luminoso nocturno y limitar la luz molesta, a ciertas horas de la noche, deberá reducirse el nivel de iluminación en las instalaciones de alumbrado vial, alumbrado específico, alumbrado ornamental y alumbrado de señales y anuncios luminosos, con potencia instalada superior a 5 kW.

Cuando se reduzca el nivel de iluminación, es decir, se varíe la clase de alumbrado a una hora determinada, deberán mantenerse los criterios de uniformidad de luminancia/iluminancia y deslumbramiento establecidos. La regulación del nivel luminoso se podrá realizar por medio de alguno de los siguientes sistemas: balastos serie de tipo inductivo para doble nivel de potencia, reguladores-estabilizadores en cabecera de línea o balastos electrónicos para doble nivel de potencia.

Se podrá variar el régimen de funcionamiento de los alumbrados ornamentales, estableciéndose condiciones especiales, en épocas tales como festividades y temporada alta de afluencia turística.

Se podrá ajustar un régimen especial de alumbrado para los acontecimientos nocturnos singulares, festivos, feriales, deportivos o culturales, que compatibilicen el ahorro con las necesidades derivadas de los acontecimientos mencionados.

Los sistemas de accionamiento deberán garantizar que las instalaciones de alumbrado exterior se enciendan y apaguen con precisión a las horas previstas cuando la luminosidad ambiente lo requiera, al objeto de ahorrar energía.

Toda instalación de alumbrado exterior con una potencia de lámparas y equipos auxiliares superiores a 5 kW, deberá incorporar un sistema de accionamiento por reloj astronómico o sistema de encendido centralizado, mientras que en aquellas con una potencia en lámparas y equipos auxiliares inferior o igual a 5 kW también podrá incorporarse un sistema de accionamiento mediante fotocélula. Además de los sistemas de encendido automáticos, es recomendable instalar un sistema de accionamiento manual, para poder maniobrar la instalación en caso de avería o reposición de los citados elementos.

Para obtener ahorro energético en casos tales como instalaciones de alumbrado ornamental, anuncios luminosos, espacios deportivos y áreas de trabajos exteriores, se establecerán los correspondientes ciclos de funcionamiento (encendido y apagado) de dichas instalaciones, para lo que se dispondrá de relojes astronómicos o sistemas equivalentes, capaces de ser programados por ciclos diarios, semanales, mensuales y anuales.

### 1.10.9. Soportes

Las luminarias descritas en el apartado anterior irán sujetas sobre columnas-soporte de forma tronco-cónica de 10m de altura, que se ajustarán a la normativa vigente (en el caso de que sean de acero deberán cumplir el RD 2642/85, RD 401/89 y OM de 16/5/89). Serán de materiales resistentes a las acciones de la intemperie o estarán debidamente protegidas contra éstas, no debiendo permitir la entrada de agua de lluvia ni la acumulación del agua

de condensación. Los soportes, sus anclajes y cimentaciones, se dimensionarán de forma que resistan las solicitaciones mecánicas, particularmente teniendo en cuenta la acción del viento, con un coeficiente de seguridad no inferior a 2,5.

Las columnas irán provistas de puertas de registro de acceso para la manipulación de sus elementos de protección y maniobra, por lo menos a 0,30 m. del suelo, dotada de una puerta o trampilla con grado de protección IP 44 según UNE 20.324 (EN 60529) e IK10 según UNE-EN 50.102, que sólo se pueda abrir mediante el empleo de útiles especiales. En su interior se ubicará una tabla de conexiones de material aislante, provista de alojamiento para los fusibles y de fichas para la conexión de los cables.

La sujeción a la cimentación se hará mediante placa de base a la que se unirán los pernos anclados en la cimentación, mediante arandela, tuerca y contratuerca.

### 1.10.10. Canalizaciones

#### 1.10.10.1. Redes Subterráneas de Alumbrado Viario

Se emplearán sistemas y materiales análogos a los de las redes subterráneas de distribución reguladas en la ITC-BT-07. Los cables se dispondrán en canalización enterrada bajo tubo, a una profundidad mínima de 0,4 m del nivel del suelo, medidos desde la cota inferior del tubo, y su diámetro no será inferior a 60 mm.

No se instalará más de un circuito por tubo. Los tubos deberán tener un diámetro tal que permita un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. El diámetro exterior mínimo de los tubos en función del número y sección de los conductores se obtendrá de la tabla 9, ITC-BT-21.

Los tubos protectores serán conformes a lo establecido en la norma UNE-EN 50.086 2-4. Las características mínimas serán las indicadas a continuación.

- Resistencia a la compresión: 250 N para tubos embebidos en hormigón; 450 N para tubos en suelo ligero; 750 N para tubos en suelo pesado.
- Resistencia al impacto: Grado Ligero para tubos embebidos en hormigón; Grado Normal para tubos en suelo ligero o suelo pesado.
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos: Protegido contra objetos  $D > 1$  mm.
- Resistencia a la penetración del agua: Protegido contra el agua en forma de lluvia.
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos: Protección interior y exterior media.

Se colocará una cinta de señalización que advierta de la existencia de cables de alumbrado exterior, situada a una distancia mínima del nivel del suelo de 0,10 m y a 0,25 m por encima del tubo.

En los cruzamientos de calzadas, la canalización, además de entubada, irá hormigonada y se instalará como mínimo un tubo de reserva.

A fin de hacer completamente registrable la instalación, cada uno de los soportes llevará adosada una arqueta de fábrica de ladrillo cerámico macizo (cítara) enfoscada interiormente, con tapa de fundición de 37x37 cm.; estas arquetas se ubicarán también en cada uno de los cruces, derivaciones o cambios de dirección.

La cimentación de las columnas se realizará con dados de hormigón en masa de resistencia característica  $R_k = 175$  Kg/cm<sup>2</sup>, con pernos embebidos para anclaje y con

comunicación a columna por medio de codo.

### 1.10.11. Conductores

Los conductores a emplear en la instalación serán de Cu, multiconductores o unipolares, tensión asignada 0,6/1 KV, enterrados bajo tubo o instalados al aire.

La sección mínima a emplear en redes subterráneas, incluido el neutro, será de 6 mm<sup>2</sup>. En distribuciones trifásicas tetrapolares, para conductores de fase de sección superior a 6 mm<sup>2</sup>, la sección del neutro será conforme a lo indicado en la tabla 1 de la ITC-BT-07. Los empalmes y derivaciones deberán realizarse en cajas de bornes adecuadas, situadas dentro de los soportes de las luminarias, y a una altura mínima de 0,3 m sobre el nivel del suelo o en una arqueta registrable, que garanticen, en ambos casos, la continuidad, el aislamiento y la estanqueidad del conductor.

La instalación de los conductores de alimentación a las lámparas se realizará en Cu, bipolares, tensión asignada 0,6/1 kV, de 2x2,5 mm<sup>2</sup> de sección, protegidos por c/c fusibles calibrados de 6 A. El circuito encargado de la alimentación al equipo reductor de flujo, compuesto por Balasto especial, Condensador, Arrancador electrónico y Unidad de conmutación, se realizará con conductores de Cu, bipolares, tensión asignada 0,6/1 kV, de 2,5 mm<sup>2</sup> de sección mínima.

Las líneas de alimentación a puntos de luz con lámparas o tubos de descarga estarán previstas para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados, a las corrientes armónicas, de arranque y desequilibrio de fases. Como consecuencia, la potencia aparente mínima en VA, se considerará 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga.

La máxima caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto será menor o igual que el 3 %.

### 1.10.12. Sistemas de Protección

En primer lugar, la red de alumbrado público estará protegida contra los efectos de las sobreintensidades (sobrecargas y cortocircuitos) que puedan presentarse en la misma (ITC-BT-09, apdo. 4), por lo tanto se utilizarán los siguientes sistemas de protección:

- Protección a sobrecargas: Se utilizará un interruptor automático ubicado en el cuadro de mando, desde donde parte la red eléctrica (según figura en anexo de cálculo). La reducción de sección para los circuitos de alimentación a luminarias (2,5 mm<sup>2</sup>) se protegerá con los fusibles de 6 A existentes en cada columna.

- Protección a cortocircuitos: Se utilizará un interruptor automático ubicado en el cuadro de mando, desde donde parte la red eléctrica (según figura en anexo de cálculo). La reducción de sección para los circuitos de alimentación a luminarias (2,5 mm<sup>2</sup>) se protegerá con los fusibles de 6 A existentes en cada columna.

En segundo lugar, para la protección contra contactos directos e indirectos (ITC-BT-09, apdos. 9 y 10) se han tomado las medidas siguientes:

- Instalación de luminarias Clase I o Clase II. Cuando las luminarias sean de Clase I, deberán estar conectadas al punto de puesta a tierra, mediante cable unipolar aislado de tensión asignada 450/750 V con recubrimiento de color verde-amarillo y sección mínima 2,5 mm<sup>2</sup> en cobre.

- Ubicación del circuito eléctrico enterrado bajo tubo en una zanja practicada al efecto, con el fin de resultar imposible un contacto fortuito con las manos por parte de las personas que habitualmente circulan por el acerado.

- Aislamiento de todos los conductores, con el fin de recubrir las partes activas de la instalación.
- Alojamiento de los sistemas de protección y control de la red eléctrica, así como todas las conexiones pertinentes, en cajas o cuadros eléctricos aislantes, los cuales necesitarán de útiles especiales para proceder a su apertura (cuadro de protección, medida y control, registro de columnas, y luminarias que estén instaladas a una altura inferior a 3 m sobre el suelo o en un espacio accesible al público).
- Las partes metálicas accesibles de los soportes de luminarias y del cuadro de protección, medida y control estarán conectadas a tierra, así como las partes metálicas de los kioscos, marquesinas, cabinas telefónicas, paneles de anuncios y demás elementos de mobiliario urbano, que estén a una distancia inferior a 2 m de las partes metálicas de la instalación de alumbrado exterior y que sean susceptibles de ser tocadas simultáneamente.
- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto. La intensidad de defecto, umbral de desconexión de los interruptores diferenciales, será como máximo de 300 mA y la resistencia de puesta a tierra, medida en la puesta en servicio de la instalación, será como máximo de 30 Ohm. También se admitirán interruptores diferenciales de intensidad máxima de 500 mA o 1 A, siempre que la resistencia de puesta a tierra medida en la puesta en servicio de la instalación sea inferior o igual a 5 Ohm y a 1 Ohm, respectivamente. En cualquier caso, la máxima resistencia de puesta a tierra será tal que, a lo largo de la vida de la instalación y en cualquier época del año, no se puedan producir tensiones de contacto mayores de 24 V en las partes metálicas accesibles de la instalación (soportes, cuadros metálicos, etc).

La puesta a tierra de los soportes 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 como mínimo un electrodo de puesta a tierra cada 5 soportes de luminarias, y siempre en el primero y en el último soporte de cada línea. Los conductores de la red de tierra que unen los electrodos deberán ser:

- Desnudos, de cobre, de 35 mm<sup>2</sup> de sección mínima, si forman parte de la propia red de tierra, en cuyo caso irán por fuera de las canalizaciones de los cables de alimentación.
- Aislados, mediante cables de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, con conductores de cobre, de sección mínima 16 mm<sup>2</sup> para redes subterráneas, y de igual sección que los conductores de fase para las redes posadas, en cuyo caso irán por el interior de las canalizaciones de los cables de alimentación.

El conductor de protección que une cada soporte con el electrodo o con la red de tierra, será de cable unipolar aislado, de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, y sección mínima de 16 mm<sup>2</sup> de cobre.

Todas las conexiones de los circuitos de tierra se realizarán mediante terminales, grapas, soldadura o elementos apropiados que garanticen un buen contacto permanente y protegido contra la corrosión.

En tercer lugar, cuando la instalación se alimente por, o incluya, una línea aérea con conductores desnudos o aislados, será necesaria una protección contra sobretensiones de origen atmosférico (ITC-BT-09, apdo. 4) en el origen de la instalación (situación controlada).

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

Los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro, y la tierra de la instalación.

Los equipos y materiales deben escogerse de manera que su tensión soportada a impulsos no sea inferior a la tensión soportada prescrita en la tabla siguiente, según su categoría.

<u>Tensión nominal de la instalación (V)</u>		<u>Tensión soportada a impulsos 1,2/50 (kV)</u>			
Sistemas III	Sistemas II	Cat. IV /	Cat. III /	Cat. II /	Cat. I
230/400	230	6	4	2,5	1,5

Categoría I: Equipos muy sensibles a sobretensiones destinados a conectarse a una instalación fija (equipos electrónicos, etc).

Categoría II: Equipos destinados a conectarse a una instalación fija (electrodomésticos y equipos similares).

Categoría III: Equipos y materiales que forman parte de la instalación eléctrica fija (armarios, embarrados, protecciones, canalizaciones, etc).

Categoría IV: Equipos y materiales que se conectan en el origen o muy próximos al origen de la instalación, aguas arriba del cuadro de distribución (contadores, aparatos de telemedida, etc).

Los equipos y materiales que tengan una tensión soportada a impulsos inferior a la indicada en la tabla anterior, se pueden utilizar, no obstante:

- en situación natural (bajo riesgo de sobretensiones, debido a que la instalación está alimentada por una red subterránea en su totalidad), cuando el riesgo sea aceptable.
- en situación controlada, si la protección a sobretensiones es adecuada.

### 1.10.13. Sistemas de Protección

La envolvente del cuadro proporcionará un grado de protección mínima IP55, según UNE 20.324 e IK10 según UNE-EN 50.102, y dispondrá de un sistema de cierre que permita el acceso exclusivo al mismo, del personal autorizado, con su puerta de acceso situada a una altura comprendida entre 2 m y 0,3 m.

El cuadro estará compuesto por los siguientes elementos.

- 1 Ud. armario de poliéster prensado, protección IP-669, de 1250x750x300 mm., con departamento separado para equipo de medida.
- 4 Ud. base fusible de 70 A. con fusibles de 70 A.
- 1 Ud. contactor 30 A.
- 1 Ud. interruptor diferencial IV, 40 A., 30 mA.
- 1 Ud. célula fotoeléctrica.
- 1 Ud. interruptor horario.
- 1 Ud. interruptor magnetotérmico IV, 63 A.
- C/c fusibles para protección de circuitos a células y contactores de 6 A

## 1.11 Diseño e Instalación de Baja Tensión nave industrial (Nº1)

### 1.11.1. Descripción Genérica de las Instalaciones, Uso y Potencia

La finalidad de las instalaciones de Baja Tensión a tratar será la de proveer de energía eléctrica a los diferentes servicios y funcionalidades de la industria, por lo que ésta tendrá la función de acometida general.

La potencia que se ha de proveer a las instalaciones del centro comercial será de 279 kW.

### 1.11.2. Descripción de las Instalaciones de Enlace

#### Acometida

Es parte de la instalación de la red de distribución, que alimenta la caja o cajas generales de protección o unidad funcional equivalente (CGP). Se han escogido conductores unipolares 2x(4x150)mm<sup>2</sup> Al con aislamiento 0,6/1 kV de polietileno reticulado XLPE, no propagador de incendio y de humos y opacidad reducida. Esta línea está regulada por la ITC-BT-11.

La acometida enlazará el Centro de Transformación mencionado en el punto anterior de esta memoria, con la CGP en la sala de concentración de contadores. Esta sala se encuentra localizada en la parte de la nave industrial.

La acometida constará de 1 circuito, el cual enlazará con la CGP. Y se ramificará en un varias ramas, un circuito irán destinado a la fuerza Motores, otro a los servicios generales, Baños, vestuarios y otro para las oficinas, salas de conferencia. La longitud de los cuatro circuitos será de 54 metros. Transcurrirá por la zona peatonal de la calzada del aparcamiento exterior, así como por la acera del pasillo del edificio y la acera del exterior del aparcamiento.

Los cables se alojarán en zanjas de 0,80m y de 1m de profundidad mínima y una anchura que permita las operaciones de apertura y tendido, con un valor mínimo de 0,6m al necesitar espacio de anchura para 3 tubos.

Todos los conductores de la acometida irán entubados en tubo corrugado de plástico de 180mm de diámetro de manera individualizada, es decir, un tubo por conductor.

Esta zanja comprenderá dos tramos de acera, tanto al principio de la línea como al final de la trazada, y un tramo de calzada, el cual comprenderá la mayoría de la trayectoria de la zanja. En el interior de la zanja que atraviesa el aparcamiento exterior habrá una parte en la cual se hallarán en el interior de la zanja los tres tubos de la acometida y varios tubos de 63mm de diámetro para el alumbrado exterior (el número de tubos corresponderá al número de conductores).

En la entrada a la sala de la CGP hay un tramo en el cual se hallan 7 tubos en la misma zanja, los cuales se estructurarán en dos niveles de altura, habiendo 3 tubos por debajo de 160mm de diámetro para la acometida y 4 tubos de 63mm de diámetro para los conductores de alumbrado por encima. El número de conductores por tubo vendrá dispuesto según la ITC-BT-21, por la cual se pueden introducir hasta 6 conductores de 16mm<sup>2</sup> en cada tubo corrugado de 63mm de diámetro. En el resto del tramo, el número de tubos a disponer vendrá dado por el número de conductores del alumbrado exterior.

En el lecho de la zanja se colocará una capa de arena de mina o de río, lavada, limpia y suelta, exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, y el tamaño del grano estará comprendido entre 0,2 y 3 mm, de un espesor mínimo de 0,05 m, sobre la que se depositará el cable o cables a instalar. Encima irá otra capa de arena de idénticas características y con unos 0,10 m de espesor.

Los laterales de la zanja han de ser compactos y no deben desprender piedras o tierra. La zanja se protegerá con los correspondientes entibados u otros medios para asegurar su estabilidad, conforme a la normativa de riesgos laborales.

A continuación se tenderá una capa de tierra procedente de la excavación y con tierras de préstamo de arena, todo-uno o zahorras, de 0,25 m de espesor, apisonada por medios manuales. Se cuidará que esta capa de tierra esté exenta de piedras o cascotes. Sobre

esta capa de tierra, y a una distancia mínima del suelo de 0,10 m y 0,30 m de la parte superior del cable se colocará una cinta de señalización como advertencia de la presencia de cables eléctricos, las características, color, etc... En el caso de tener 6 tubos o más, se colocarán dos cintas de señalización.

A continuación se terminará de rellenar la zanja con tierra procedente de la excavación y con tierras de préstamo de arena, todo-uno o zahorras, debiendo de utilizar para su apisonado y compactación medios mecánicos. Después se colocará una capa de tierra vegetal o un firme de hormigón no estructural H 125 de unos 0,12 m de espesor y por último se repondrá el pavimento a ser posible del mismo tipo y calidad del que existía antes de realizar la apertura.

### **Caja General de Protección**

Se instalarán preferentemente sobre las fachadas exteriores de los edificios, en lugares de libre y permanente acceso. Su situación se fijará de común acuerdo entre la propiedad y la empresa suministradora.

Se instalará siempre en un nicho en pared, que se cerrará con una puerta preferentemente metálica, con grado de protección IK 10 según UNE-EN 50.102, revestida exteriormente de acuerdo con las características del entorno y estará protegida contra la corrosión, disponiendo de una cerradura o candado normalizado por la empresa suministradora. Los dispositivos de lectura de los equipos de medida deberán estar situados a una altura comprendida entre 0,70 y 1,80 m.

En el nicho se dejarán previstos los orificios necesarios para alojar los conductos de entrada de la acometida.

Dentro de las mismas se instalarán cortacircuitos fusibles (250 A) en todos los conductores de fase o polares, con poder de corte 50 kA. El neutro estará constituido por una conexión amovible situada a la izquierda de las fases, colocada la CGP en posición de servicio, y dispondrá también de un borne de conexión para su puesta a tierra si procede.

Las CGPs cumplirán todo lo indicado en la Norma UNE-EN 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

### **Línea General de Alimentación**

Es la línea que enlaza la caja general de protección con la centralización de contadores que alimenta. Está regulada por la ITC-BT-14. Se dispondrá de una por cada CGP.

En este caso, las líneas generales de alimentación estarán constituidas por conductores unipolares Cu 3x(4x150+TTx95) mm<sup>2</sup> empotrados en obra, con un nivel de aislamiento de 0,6/1 kV de polietileno reticulado XLPE, no propagador de incendios y con emisión de humos y opacidad reducida.

Sus longitudes serán de 5m, desde la (CGP1) situada en el nicho en la pared de la sala de contadores, hasta el fondo opuesto de la misma sala donde se encontrarán colocada los contadores.

Según ITC-BT-21, a la sección de 150mm<sup>2</sup> de conductor corresponderá un diámetro de 160mm para el tubo en el cual irán los conductores de la línea general de alimentación, el cual irá empotrado en obra.

En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.

Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entreforjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.

En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

### Derivación Individual

Es la parte de la instalación que, partiendo de la caja de protección y medida, suministra energía eléctrica a una instalación de usuario. Comprende los fusibles de seguridad, el conjunto de medida y los dispositivos generales de mando y protección. Está regulada por la ITC-BT-15.

Las derivaciones individuales estarán constituidas por:

- Conductores aislados en el interior de tubos empotrados.
- Conductores aislados en el interior de tubos enterrados.
- Conductores aislados en el interior de tubos en montaje superficial.
- Conductores aislados en el interior de canales protectoras cuya tapa sólo se pueda abrir con la ayuda de un útil.
- Canalizaciones eléctricas prefabricadas que deberán cumplir la norma UNE-EN 60.439 - 2.
- Conductores aislados en el interior de conductos cerrados de obra de fábrica, proyectados y construidos al efecto.

Los conductores a utilizar serán de cobre o aluminio, aislados y normalmente unipolares, siendo su tensión asignada 450/750 V como mínimo. Para el caso de cables multiconductores o para el caso de derivaciones individuales en el interior de tubos enterrados, el aislamiento de los conductores será de tensión asignada 0,6/1 kV. La sección mínima será de 6 mm<sup>2</sup> para los cables polares, neutro y protección y de 1,5 mm<sup>2</sup> para el hilo de mando (para aplicación de las diferentes tarifas), que será de color rojo.

Los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a las de la norma UNE 21.123 parte 4 ó 5 o a la norma UNE 211002 cumplen con esta prescripción.

La caída de tensión máxima admisible será, para el caso de derivaciones individuales en suministros para un único usuario en que no existe línea general de alimentación, del 1,5 %.

## 1.11.3. Cuadro General de Distribución

### 1.11.3.1. Situación y Características

Los dispositivos generales de mando y protección se situarán lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual. En establecimientos en los que proceda, se colocará una caja para el interruptor de control de potencia, inmediatamente antes de los demás dispositivos, en compartimento independiente y precintable. Dicha caja se podrá

colocar en el mismo cuadro donde se coloquen los dispositivos generales de mando y protección.

#### 1.11.3.2. Composición

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección serán, como mínimo:

- Un interruptor general automático de corte omnipolar, de intensidad nominal mínima 25 A, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos (según ITC-BT-22). Tendrá poder de corte suficiente para la intensidad de cortocircuito que pueda producirse en el punto de su instalación, de 4,5 kA como mínimo. Este interruptor será independiente del interruptor de control de potencia.
- Un interruptor diferencial general, de intensidad asignada superior o igual a la del interruptor general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos (según ITC-BT-24). Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_a \times I_a < U$$

donde:

" $R_a$ " es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.

" $I_a$ " es la corriente que asegura el funcionamiento del dispositivo de protección (corriente diferencial-residual asignada). Su valor será de 30 mA.

" $U$ " es la tensión de contacto límite convencional (24 V).

Si por el tipo o carácter de la instalación se instalase un interruptor diferencial por cada circuito o grupo de circuitos, se podría prescindir del interruptor diferencial general, siempre que queden protegidos todos los circuitos. En el caso de que se instale más de un interruptor diferencial en serie, existirá una selectividad entre ellos.

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra.

- Dispositivos de corte omnipolar, destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores (según ITC-BT-22).
- Dispositivo de protección contra sobretensiones, según ITC-BT-23, si fuese necesario.
- Bases de toma de corriente.

### 1.11.4. Líneas de Distribución y Canalización

#### 1.11.4.1. Sistema de distribución elegido

Para el sistema de distribución de todas las derivaciones individuales se utilizará el método de instalación de "falso techo" o "huecos de obra", mediante los cuales se accederá a dar servicio a los cuadros de cada local o de los servicios generales. El método por "huecos de obra" se utilizará para aquellos tramos, minoritarios, en los cuales los conductores están posicionados de manera vertical hasta llegar a la altura de la planta, donde seguirán por "falso techo".

Además, para las zonas de alumbrado exterior, donde las líneas de distribución han de ser subterráneas, se utilizarán canalizaciones bajo tubo corrugado de plástico de 160mm

y de 63mm de diámetro. Las zanjas para este sistema comparten las características de las zanjas expuestas en la acometida anteriormente, habiendo sido explicadas en ese mismo apartado las zanjas en las cuales había más de una línea

#### 1.11.4.2. Descripción: longitud, sección y diámetro del tubo

Las longitudes de los conductores y las secciones vienen expuestas en los cálculos justificativos de este proyecto.

Para las líneas de distribución de alumbrado exterior subterráneas, se utilizarán canalizaciones bajo tubo corrugado de plástico de 63mm de diámetro.

#### 1.11.4.3. Número de circuitos, identificación, destino y puntos de utilización de cada uno de ellos

Tanto el número de circuitos, como la identificación, destino y puntos de utilización vienen expuestos en los cálculos justificativos y en los planos de este proyecto, donde se pueden visualizar los planos por plantas y los esquemas unifilares que representan los circuitos.

### 1.11.5. Alumbrados Especiales

La industria estará dotada de alumbrado de emergencia con el objeto asegurar, en caso de fallo de la alimentación al alumbrado normal, la iluminación en los locales y accesos hasta las salidas, para una eventual evacuación del público o iluminar otros puntos que se señalen.

El sistema de alumbrado de emergencia vendrá compuesto por luminarias de emergencia, conectadas a las líneas de distribución propias de cada local para así permitir la carga de las baterías de éstas, cuya autonomía será de 3 horas y un consumo de 6 W. Así como también han de ofrecer como mínimo 1 lux a nivel de suelo en las zonas de evacuación.

Es obligatorio situar el alumbrado de seguridad en las siguientes zonas de los locales de pública concurrencia:

- en los estacionamientos cerrados y cubiertos para más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y las escaleras que conduzcan desde aquellos hasta el exterior o hasta las zonas generales del edificio.
- en los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección.
- en las salidas de emergencia y en las señales de seguridad reglamentarias.
- en todo cambio de dirección de la ruta de evacuación.
- en toda intersección de pasillos con las rutas de evacuación.
- en el exterior del edificio, en la vecindad inmediata a la salida.
- a menos de 2 m de las escaleras, de manera que cada tramo de escaleras reciba una iluminación directa.
- a menos de 2 m de cada cambio de nivel.
- a menos de 2 m de cada puesto de primeros auxilios.
- a menos de 2 m de cada equipo manual destinado a la prevención y extinción de incendios.
- en los cuadros de distribución de la instalación de alumbrado de las zonas indicadas anteriormente.

### 1.11.6. Líneas de Puesta a Tierra

#### 1.11.6.1. Descripción del Sistema

La toma de tierra para la actividad estará formada por la toma de tierra general de la edificación y constará de una conducción enterrada en forma de anillo que seguirá todo el perímetro del edificio y malla por dentro por medio de las columnas del edificio, constituida por cable de cobre desnudo recocido de 35 mm<sup>2</sup>. de sección y cuerda circular

con un máximo de 7 alambres, dicha conducción estará en contacto con el terreno a una profundidad suficiente y por debajo de la última solera.

#### 1.11.6.2. Elementos a Conectar a Tierra

A la toma de tierra establecida se conectará toda masa metálica importante, existente en la zona de la instalación, y las masas metálicas accesibles de los aparatos receptores, cuando su clase de aislamiento o condiciones de instalación así lo exijan.

#### 1.11.6.3. Puntos de Puesta a Tierra

Los puntos de puesta a tierra se situarán:

- en los patios de luces destinados a cocinas y cuartos de aseo, etc., en rehabilitación o reforma de edificios existentes.
- en el local o lugar de la centralización de contadores, si la hubiere.
- en la base de las estructuras metálicas de los ascensores y montacargas, si los hubiere.
- en el punto de ubicación de la caja general de protección.
- en cualquier local donde se prevea la instalación de elementos destinados a servicios generales o especiales, y que por su clase de aislamiento o condiciones de instalación, deban ponerse a tierra.

#### 1.11.6.4. Líneas Principales de Tierra, Derivaciones y Conductores de Protección

Las líneas principales y sus derivaciones se establecerán en las mismas canalizaciones que las de las líneas generales de alimentación y derivaciones individuales.

Las líneas principales de tierra y sus derivaciones estarán constituidas por conductores de cobre de igual sección que la fijada para los conductores de protección, con un mínimo de 16 mm<sup>2</sup> para las líneas principales.

No podrán utilizarse como conductores de tierra las tuberías de agua, gas, calefacción, desagües, conductos de evacuación de humos o basuras, ni las cubiertas metálicas de los cables, tanto de la instalación eléctrica como de teléfonos o de cualquier otro servicio similar, ni las partes conductoras de los sistemas de conducción de los cables, tubos, canales y bandejas.

Las conexiones en los conductores de tierra serán realizadas mediante dispositivos, con tornillos de apriete u otros similares, que garanticen una continua y perfecta conexión entre aquéllos.

Los conductores de protección acompañarán a los conductores activos en todos los circuitos de la vivienda o local hasta los puntos de utilización.

En el cuadro general de distribución se dispondrán los bornes o pletinas para la conexión de los conductores de protección de la instalación interior con la derivación de la línea principal de tierra.

### 1.11.7. Receptores de Alumbrado

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598.

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no deben exceder de 5 kg. Los conductores, que deben ser capaces de soportar este peso, no deben presentar empalmes intermedios y el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto del borne de conexión.

Las partes metálicas accesibles de las luminarias que no sean de Clase II o Clase III,

deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

El uso de lámparas de gases con descargas a alta tensión (neón, etc), se permitirá cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envolventes separadoras.

En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque. Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9.

#### 1.11.8. Receptores a Motor

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor. Los conductores de conexión que alimentan a varios motores, deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases. En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección, tanto para la conexión en estrella como en triángulo.

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar el motor, de acuerdo con la norma UNE 20.460 -4-45.

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieran producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

En general, los motores de potencia superior a 0,75 kilovatios deben estar provistos de reóstatos de arranque o dispositivos equivalentes que no permitan que la relación de corriente entre el período de arranque y el de marcha normal que corresponda a su plena

carga, según las características del motor que debe indicar su placa, sea superior a la señalada en el cuadro siguiente:

De 0,75 kW a 1,5 kW: 4,5  
 De 1,50 kW a 5 kW: 3,0  
 De 5 kW a 15 kW: 2  
 Más de 15 kW: 1,5

### 1.11.9. Suministros Complementarios

#### 1.11.9.1. Justificación de los Equipos instalados, así como su accionamiento

Se colocará un equipo complementario de grupo electrógeno para así satisfacer las necesidades de los servicios generales en el caso de tener alguna avería o problema que interrumpa el suministro proveniente del transformador, es decir, de la red eléctrica.

Su accionamiento será provisto por un contactor en la derivación de los servicios generales, después del contador, que se accionará ante la ausencia de tensión de red por cualquier tipo de avería.

#### 1.11.9.1. Tipo de Suministro

El suministro eléctrico lo aportará un grupo electrógeno que funcionará por combustible Diésel, y sus características y consumo vendrán expuestas en la hoja de características del tipo de grupo electrógeno seleccionado

#### 1.11.9.2. Descripción

El grupo electrógeno seleccionado será el HGK-360 T5 de Himoinsa cuyas características vienen expuestas en la hoja de características adjunta, tanto las dimensiones como las propiedades internas del grupo.

#### 1.11.9.3. Potencia

El grupo electrógeno tendrá una potencia de 360 kVA/288 kW, según especificaciones técnicas.

El grupo electrógeno alimenta a todos los receptores de la nave industrial, motores cargas y alumbrado de todo el edificio.

## 2. CALCULOS JUSTIFICATIVOS

### 2.1 Centro de Transformación de 250 KVA

Según MT 2.03.20 Iberdrola, la incidencia de la potencia solicitada en BT con respecto a los centros de transformación de los locales comerciales será:

$$PCT(KVA)en\ naves = \frac{\sum Ps(KW) * 0,6}{0,9} = \frac{350 * 0,6}{0,9} = 233,33\ V$$

#### 2.1.1 Intensidad de Media Tensión

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

donde:

P potencia del transformador [kVA]

U<sub>p</sub> tensión primaria [kV]

I<sub>p</sub> intensidad primaria [A]

En el caso que nos ocupa, la tensión primaria de alimentación es de 20 kV.

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 250 kVA.

$$I_p = 7,2 \text{ A}$$

### 2.1.2 Intensidad de Baja Tensión

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 250 kVA, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío.

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_s = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_s}$$

donde:

P potencia del transformador [kVA]

U<sub>s</sub> tensión en el secundario [kV]

I<sub>s</sub> intensidad en el secundario [A]

La intensidad en las salidas de 420 V en vacío puede alcanzar el valor

$$I_s = 343,7 \text{ A.}$$

### 2.1.3 Cortocircuitos

#### Cálculo de las intensidades de cortocircuito

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, se utiliza la expresión:

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

donde:

S<sub>cc</sub> potencia de cortocircuito de la red [MVA]

- $U_p$       tensión de servicio [kV]  
 $I_{ccp}$      corriente de cortocircuito [kA]

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot E_{cc} \cdot U_s}$$

donde:

- $P$           potencia de transformador [kVA]  
 $E_{cc}$        tensión de cortocircuito del transformador [%]  
 $U_s$         tensión en el secundario [V]  
 $I_{ccs}$       corriente de cortocircuito [kA]

### **Cortocircuito en el lado de Media Tensión**

Utilizando la expresión 2.3.2.a, en el que la potencia de cortocircuito es de 350 MVA y la tensión de servicio 20 kV, la intensidad de cortocircuito es :

$$I_{ccp} = 10,1 \text{ kA}$$

### **Cortocircuito en el lado de Baja Tensión**

Para el único transformador de este Centro de Transformación, la potencia es de 250 kVA, la tensión porcentual del cortocircuito del 4%, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío

La intensidad de cortocircuito en el lado de BT con 420 V en vacío será, según la fórmula 2.3.2.b:

$$I_{ccs} = 8,6 \text{ kA}$$

## **2.1.4 Dimensionado del Embarrado**

Las celdas fabricadas por ORMAZABAL han sido sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las placas de características, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento de celdas.

## **2.1.5 Comprobación por Densidad de Corriente**

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material conductor. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que con objeto de disponer de

suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 400 A.

### 2.1.6 Comprobación por Solicitación Electrodinámica

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito calculada en el apartado 2.3.2.a de este capítulo, por lo que:

$$I_{cc}(\text{din}) = I_{cc}(\text{Primaria}) * 2,5 = 10,1 * 2,5 = 25,3 \text{ kA}$$

### 2.1.7 Comprobación por Solicitación Térmica

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aparatamenta por defecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor. En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

$$I_{cc}(\text{ter}) = 10,1 \text{ kA.}$$

### 2.1.8 Protección contra sobrecargas y Cortocircuitos

Los transformadores están protegidos tanto en MT como en BT. En MT la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, mientras que en BT la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de salida.

#### Transformador

La protección en MT de este transformador se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles, siendo éstos los que efectúan la protección ante eventuales cortocircuitos.

Estos fusibles realizan su función de protección de forma ultrarrápida (de tiempos inferiores a los de los interruptores automáticos), ya que su fusión evita incluso el paso del máximo de las corrientes de cortocircuitos por toda la instalación.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el funcionamiento continuado a la intensidad nominal, requerida para esta aplicación.
- No producir disparos durante el arranque en vacío de los transformadores, tiempo en el que la intensidad es muy superior a la nominal y de una duración intermedia.
- No producir disparos cuando se producen corrientes de entre 10 y 20 veces la nominal, siempre que su duración sea inferior a 0,1 s, evitando así que los fenómenos transitorios provoquen interrupciones del suministro.

Sin embargo, los fusibles no constituyen una protección suficiente contra las sobrecargas, que tendrán que ser evitadas incluyendo un relé de protección de transformador, o si no es posible, una protección térmica del transformador.

La intensidad nominal de estos fusibles es de 20 A.

- Protecciones en BT

Las salidas de BT cuentan con fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad nominal exigida a esa salida y un poder de corte como mínimo

igual a la corriente de cortocircuito correspondiente, según lo calculado en el apartado 2.3.4.

### **Dimensionado de los puentes de MT**

Los cables que se utilizan en esta instalación, descritos en la memoria, deberán ser capaces de soportar los parámetros de la red.

Transformador 1

La intensidad nominal demandada por este transformador es igual a 7,2 A que es inferior al valor máximo admisible por el cable.

Este valor es de 150 A para un cable de sección de 50 mm<sup>2</sup> de Al según el fabricante.

## **2.1.9 Dimensionado de Ventilación del Centro Transformación**

Se considera de interés la realización de ensayos de homologación de los Centros de Transformación.

El edificio empleado en esta aplicación ha sido homologado según los protocolos obtenidos en laboratorio Labein (Vizcaya - España):

- 9901B024-BE-LE-01, para ventilación de transformador de potencia hasta 400 kVA
- 9901B024-BE-LE-02, para ventilación de transformador de potencia hasta 630 kVA

## **2.1.10 Dimensionado del Pozo Apagafuegos**

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

## **2.1.11 Calculo de las Instalaciones de Puesta a Tierra**

### **Investigación de las Características del Suelo**

El Reglamento de Alta Tensión indica que para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina la resistividad media en 150 Ωm.

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

En las instalaciones de MT de tercera categoría, los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

De la red:

- Tipo de neutro. El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.
- Tipo de protecciones. Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo

inverso (tiempo dependiente). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.

No obstante, y dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando la intensidad máxima empírica y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben ser indicados por la compañía eléctrica.

Intensidad máxima de defecto:

$$I_{d \max \text{ cal.}} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_n^2 + X_n^2}}$$

donde:

- $U_n$  Tensión de servicio [kV]
- $R_n$  Resistencia de puesta a tierra del neutro [ $\Omega \cdot m$ ]
- $X_n$  Reactancia de puesta a tierra del neutro [ $\Omega \cdot m$ ]
- $I_{d \max \text{ cal.}}$  Intensidad máxima calculada [A]

La  $I_d \max$  en este caso será, según la fórmula es:

$$I_{d \max \text{ cal.}} = 461,88 \text{ A}$$

Superior o similar al valor establecido por la compañía eléctrica que es de:

$$I_{d \max} = 400 \text{ A}$$

### Calculo de la Resistencia Puesta a Tierra

Características de la red de alimentación:

- o Tensión de servicio:  $U_r = 20 \text{ kV}$

Puesta a tierra del neutro:

- o Resistencia del neutro  $R_n = 0 \Omega \cdot m$
- o Reactancia del neutro  $X_n = 25 \Omega \cdot m$
- o Limitación de la intensidad a tierra  $I_{dm} = 400 \text{ A}$

Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT:

- o  $V_{bt} = 10000 \text{ V}$

Características del terreno:

- o Resistencia de tierra  $R_o = 150 \Omega \cdot m$

- o Resistencia del hormigón  $R'o = 3000 \Omega \cdot m$

La resistencia máxima de la puesta a tierra de protección del edificio, y la intensidad del defecto salen de:

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

donde:

- $I_d$  intensidad de falta a tierra [A]
- $R_t$  resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
- $V_{bt}$  tensión de aislamiento en baja tensión [V]

La intensidad del defecto se calcula de la siguiente forma:

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

donde:

- $U_n$  tensión de servicio [V]
- $R_n$  resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm]
- $R_t$  resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
- $X_n$  reactancia de puesta a tierra del neutro [Ohm]
- $I_d$  intensidad de falta a tierra [A]

Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

- o  $I_d = 230,94 \text{ A}$

La resistencia total de puesta a tierra preliminar:

- o  $R_t = 43,3 \text{ Ohm}$

Se selecciona el electrodo tipo (de entre los incluidos en las tablas, y de aplicación en este caso concreto, según las condiciones del sistema de tierras) que cumple el requisito de tener una  $K_r$  más cercana inferior o igual a la calculada para este caso y para este centro.

Valor unitario de resistencia de puesta a tierra del electrodo:

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

donde:

- $R_t$  resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
- $R_o$  resistividad del terreno en [Ohm·m]

$K_r$  coeficiente del electrodo

### Centro de Transformación

Para nuestro caso particular, y según los valores antes indicados:

- $K_r \leq 0,2887$

La configuración adecuada para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 25-25/5/42
- Geometría del sistema: Anillo rectangular
- Distancia de la red: 2.5x2.5 m
- Profundidad del electrodo horizontal: 0,5 m
- Número de picas: cuatro
- Longitud de las picas: 2 metros

Parámetros característicos del electrodo:

- De la resistencia  $K_r = 0,121$
- De la tensión de paso  $K_p = 0,0291$
- De la tensión de contacto  $K_c = 0,0633$

Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto.

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, se adaptan las siguientes medidas de seguridad:

- Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del Edificio/s no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.
- En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra del mismo.
- En el caso de instalar las picas en hilera, se dispondrán alineadas con el frente del edificio.
- Alrededor del edificio de maniobra exterior se colocará una acera perimetral de 1 m de ancho con un espesor suficiente para evitar tensiones de contacto cuando se maniobran los equipos desde el exterior.

El valor real de la resistencia de puesta a tierra del edificio será:

$$R'_t = K_r \cdot R_o$$

donde:

$K_r$  coeficiente del electrodo

$R_o$  resistividad del terreno en [ $\Omega \cdot m$ ]

$R'_t$  resistencia total de puesta a tierra [ $\Omega \cdot m$ ]

por lo que para el Centro de Transformación:

- $R'_t = 18,15 \text{ Ohm}$

La intensidad de defecto real, tal y como indica la fórmula:

- $I'd = 373,77 \text{ A}$

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

En los edificios de maniobra exterior no existen posibles tensiones de paso en el interior ya que no se puede acceder al interior de los mismos.

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, es necesario una acera perimetral, en la cual no se precisa el cálculo de las tensiones de paso y de contacto desde esta acera con el interior, ya que éstas son prácticamente nulas. Se considera que la acera perimetral es parte del edificio.

La tensión de defecto vendrá dada por:

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

donde:

$R'_t$  resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

$I'_d$  intensidad de defecto [A]

$V'_d$  tensión de defecto [V]

$$V'_d = 6783,84 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$V'_c = K_c \cdot R_o \cdot I'_d$$

$$V'_c = 3548,9 \text{ V}$$

donde:

$K_c$  coeficiente

$R_o$  resistividad del terreno en [ $\Omega \cdot m$ ]

$I'_d$  intensidad de defecto [A]

$V'_c$  tensión de paso en el acceso [V]

### **Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación**

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de contacto en el exterior de la instalación, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Tensión de paso en el exterior:

$$V'_p = K_p \cdot R_o \cdot I'_d$$

$$V'_p = 1631,49 \text{ V}$$

donde:

$K_p$  coeficiente

$R_o$  resistividad del terreno en [Ohm·m]

$I'_d$  intensidad de defecto [A]

$V'_p$  tensión de paso en el exterior [V]

### Cálculo de las tensiones aplicadas

Los valores admisibles son para una duración total de la falta igual a:

$$t = 0,2 \text{ s}$$

Tensión de paso en el exterior:

$$U_p = 10 * U_{ca} \left[ 1 + \frac{2 * R_{a1} + 6 * R_0}{1000} \right]$$

$$V_p = 31152 \text{ V}$$

donde:

$U_{ca}$  valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta

$R_0$  resistividad del terreno en [ $\Omega \cdot m$ ]

$R_{a1}$  Resistencia del calzado, superficies de material aislante, etc. [ $\Omega m$ ] por lo que, para este caso

La tensión de paso en el acceso al edificio:

$$U_{pacc} = 10 * U_{ca} \left[ 1 + \frac{2 * R_{a1} + 3 * R_0 + 3 * R'_0}{1000} \right]$$

$$V_p(acc) = 76296 \text{ V}$$

donde:

$V_{ca}$  valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta

$R_0$  resistividad del terreno en [ $\Omega \cdot m$ ]

$R'_0$  resistividad del hormigón en [ $\Omega \cdot m$ ]

$R_{a1}$  Resistencia del calzado, superficies de material aislante, etc. [ $\Omega m$ ]

Comprobamos ahora que los valores calculados para el caso de este Centro de Transformación son inferiores a los valores admisibles:

Tensión de paso en el exterior del centro:

$$V_p = 1631,49 \text{ V} < V_p = 31152 \text{ V}$$

Tensión de paso en el acceso al centro:

$$V_p(acc) = 3548,9 \text{ V} < V_p(acc) = 76296 \text{ V}$$

Tensión de defecto:

$$V_d = 6783,84 \text{ V} < V_{bt} = 10000 \text{ V}$$

Intensidad de defecto:

$$I_a = 50 \text{ A} < I_d = 373,77 \text{ A} < I_{dm} = 400 \text{ A}$$

### Investigación de las tensiones transferibles al exterior

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando así que afecten a los usuarios, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas, siempre que la tensión de defecto supere los 1000V.

En este caso es imprescindible mantener esta separación, al ser la tensión de defecto superior a los 1000 V indicados.

La distancia mínima de separación entre los sistemas de tierras viene dada por la expresión:

$$D = \frac{R_o \cdot I'_d}{2000 \cdot \pi}$$

$$D = 8,92 \text{ m}$$

donde:

$R_o$  resistividad del terreno en [ $\Omega \cdot m$ ]

$I'_d$  intensidad de defecto [A]

D distancia mínima de separación [m]

Se conectará a este sistema de tierras de servicio el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características del sistema de tierras de servicio son las siguientes:

- o Identificación: 5/22 (según método UNESA)
- o Geometría: Picas alineadas
- o Número de picas: dos
- o Longitud entre picas: 2 metros
- o Profundidad de las picas: 0,5 m

Los parámetros según esta configuración de tierras son:

- o  $K_r = 0,201$
- o  $K_c = 0,0392$

El criterio de selección de la tierra de servicio es no ocasionar en el electrodo una tensión superior a 24 V cuando existe un defecto a tierra en una instalación de BT protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 650 mA. Para ello la resistencia de puesta a tierra de servicio debe ser inferior a 37  $\Omega$ .

$$R_{tserv} = K_r \cdot R_o = 0,201 \cdot 150 = 30,15 < 37 \Omega$$

Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, protegido con tubo de PVC de grado de protección 7 como mínimo, contra daños mecánicos.

## 2.2 Centro de Transformación de 400 KVA

Según MT 2.03.20 Iberdrola, la incidencia de la potencia solicitada en BT con respecto a los centros de transformación de los locales comerciales será:

$$PCT(KVA) \text{ en nave } N^{\circ} 2 = \frac{\sum P_s(KW) * 0,6}{0,9} = \frac{450 * 0,6}{0,9} = 300 \text{ V}$$

$$PCT(KVA) \text{ en nave } N^{\circ}3 = \frac{\sum Ps(KW) * 0,6}{0,9} = \frac{500 * 0,6}{0,9} = 333,33 V$$

Las naves industriales N°2 Y N°3 tienen prácticamente las mismas tensiones, para el cálculo de la potencia del transformador escogemos de 400KVA para ambas naves.

### 2.2.1 Intensidad de Media Tensión

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

donde:

P potencia del transformador [kVA]

U<sub>p</sub> tensión primaria [kV]

I<sub>p</sub> intensidad primaria [A]

En el caso que nos ocupa, la tensión primaria de alimentación es de 20 kV.

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 250 kVA.

$$\cdot I_p = 11,5 A$$

### 2.2.2 Intensidad de Baja Tensión

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 250 kVA, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío.

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_s = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_s}$$

donde:

P potencia del transformador [kVA]

U<sub>s</sub> tensión en el secundario [kV]

I<sub>s</sub> intensidad en el secundario [A]

La intensidad en las salidas de 420 V en vacío puede alcanzar el valor

$$I_s = 549,9 A.$$

### 2.2.3 Cortocircuitos

#### Cálculo de las intensidades de cortocircuito

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, se utiliza la expresión:

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

donde:

$S_{cc}$  potencia de cortocircuito de la red [MVA]

$U_p$  tensión de servicio [kV]

$I_{ccp}$  corriente de cortocircuito [kA]

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot E_{cc} \cdot U_s}$$

donde:

$P$  potencia de transformador [kVA]

$E_{cc}$  tensión de cortocircuito del transformador [%]

$U_s$  tensión en el secundario [V]

$I_{ccs}$  corriente de cortocircuito [kA]

### Cortocircuito en el lado de Media Tensión

Utilizando la expresión 2.3.2.a, en el que la potencia de cortocircuito es de 350 MVA y la tensión de servicio 20 kV, la intensidad de cortocircuito es :

$$I_{ccp} = 10,1 \text{ kA}$$

### Cortocircuito en el lado de Baja Tensión

Para el único transformador de este Centro de Transformación, la potencia es de 250 kVA, la tensión porcentual del cortocircuito del 4%, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío

La intensidad de cortocircuito en el lado de BT con 420 V en vacío será, según la fórmula 2.3.2.b:

$$I_{ccs} = 13,7 \text{ kA}$$

## 2.2.4 Dimensionado del Embarrado

Las celdas fabricadas por ORMAZABAL han sido sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las placas de características, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento de celdas.

## 2.2.5 Comprobación por Densidad de Corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima

posible para el material conductor. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 400 A.

### 2.2.6 Comprobación por Solicitación Electrodinámica

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito calculada en el apartado 2.3.2.a de este capítulo, por lo que:

$$I_{cc}(din) = I_{cc}(Primaria) * 2,5 = 10,1 * 2,5 = 25,3 \text{ kA}$$

### 2.2.7 Comprobación por Solicitación Térmica

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aparamenta por defecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor. En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

$$I_{cc}(ter) = 10,1 \text{ kA.}$$

### 2.2.8 Protección contra sobrecargas y Cortocircuitos

Los transformadores están protegidos tanto en MT como en BT. En MT la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, mientras que en BT la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de salida.

#### Transformador

La protección en MT de este transformador se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles, siendo éstos los que efectúan la protección ante eventuales cortocircuitos.

Estos fusibles realizan su función de protección de forma ultrarrápida (de tiempos inferiores a los de los interruptores automáticos), ya que su fusión evita incluso el paso del máximo de las corrientes de cortocircuitos por toda la instalación.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el funcionamiento continuado a la intensidad nominal, requerida para esta aplicación.
- No producir disparos durante el arranque en vacío de los transformadores, tiempo en el que la intensidad es muy superior a la nominal y de una duración intermedia.
- No producir disparos cuando se producen corrientes de entre 10 y 20 veces la nominal, siempre que su duración sea inferior a 0,1 s, evitando así que los fenómenos transitorios provoquen interrupciones del suministro.

Sin embargo, los fusibles no constituyen una protección suficiente contra las sobrecargas, que tendrán que ser evitadas incluyendo un relé de protección de transformador, o si no es posible, una protección térmica del transformador.

La intensidad nominal de estos fusibles es de 20 A.

- Protecciones en BT

Las salidas de BT cuentan con fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad nominal exigida a esa salida y un poder de corte como mínimo

igual a la corriente de cortocircuito correspondiente, según lo calculado en el apartado 2.3.4.

### **Dimensionado de los puentes de MT**

Los cables que se utilizan en esta instalación, descritos en la memoria, deberán ser capaces de soportar los parámetros de la red.

Transformador 1

La intensidad nominal demandada por este transformador es igual a 11,5 A que es inferior al valor máximo admisible por el cable.

Este valor es de 150 A para un cable de sección de 50 mm<sup>2</sup> de Al según el fabricante.

## **2.2.9 Dimensionado de Ventilación del Centro Transformación**

Se considera de interés la realización de ensayos de homologación de los Centros de Transformación.

El edificio empleado en esta aplicación ha sido homologado según los protocolos obtenidos en laboratorio Labein (Vizcaya - España):

- 9901B024-BE-LE-01, para ventilación de transformador de potencia hasta 400 kVA
- 9901B024-BE-LE-02, para ventilación de transformador de potencia hasta 630 kVA

## **2.2.10 Dimensionado del Pozo Apagafuegos**

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

## **2.2.11 Calculo de las Instalaciones de Puesta a Tierra**

### **Investigación de las Características del Suelo**

El Reglamento de Alta Tensión indica que para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina la resistividad media en 150 Ωm.

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

En las instalaciones de MT de tercera categoría, los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

De la red:

- Tipo de neutro. El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.
- Tipo de protecciones. Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de

intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.

No obstante, y dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando la intensidad máxima empírica y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben ser indicados por la compañía eléctrica.

Intensidad máxima de defecto:

$$I_{d \max \text{ cal.}} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_n^2 + X_n^2}}$$

donde:

$U_n$  Tensión de servicio [kV]

$R_n$  Resistencia de puesta a tierra del neutro [ $\Omega \cdot m$ ]

$X_n$  Reactancia de puesta a tierra del neutro [ $\Omega \cdot m$ ]

$I_{d \max \text{ cal.}}$  Intensidad máxima calculada [A]

La  $I_{d \max}$  en este caso será, según la fórmula es:

$$I_{d \max \text{ cal.}} = 461,88 \text{ A}$$

Superior o similar al valor establecido por la compañía eléctrica que es de:

$$I_{d \max} = 400 \text{ A}$$

### Calculo de la Resistencia Puesta a Tierra

Características de la red de alimentación:

- o Tensión de servicio:  $U_r = 20 \text{ kV}$

Puesta a tierra del neutro:

- o Resistencia del neutro  $R_n = 0 \Omega \cdot m$
- o Reactancia del neutro  $X_n = 25 \Omega \cdot m$
- o Limitación de la intensidad a tierra  $I_{dm} = 500 \text{ A}$

Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT:

- o  $V_{bt} = 10000 \text{ V}$

Características del terreno:

- o Resistencia de tierra  $R_o = 150 \Omega \cdot m$
- o Resistencia del hormigón  $R'o = 3000 \Omega \cdot m$

La resistencia máxima de la puesta a tierra de protección del edificio, y la intensidad del defecto salen de:

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

donde:

- $I_d$  intensidad de falta a tierra [A]
- $R_t$  resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
- $V_{bt}$  tensión de aislamiento en baja tensión [V]

La intensidad del defecto se calcula de la siguiente forma:

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

donde:

- $U_n$  tensión de servicio [V]
- $R_n$  resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm]
- $R_t$  resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
- $X_n$  reactancia de puesta a tierra del neutro [Ohm]
- $I_d$  intensidad de falta a tierra [A]

Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

- o  $I_d = 500 \text{ A}$

La resistencia total de puesta a tierra preliminar:

- o  $R_t = 20 \Omega$

Se selecciona el electrodo tipo (de entre los incluidos en las tablas, y de aplicación en este caso concreto, según las condiciones del sistema de tierras) que cumple el requisito de tener una  $K_r$  más cercana inferior o igual a la calculada para este caso y para este centro.

Valor unitario de resistencia de puesta a tierra del electrodo:

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

donde:

- $R_t$  resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
- $R_o$  resistividad del terreno en [Ohm·m]
- $K_r$  coeficiente del electrodo

### Centro de Transformación

Para nuestro caso particular, y según los valores antes indicados:

- o  $K_r \leq 0,1333$

La configuración adecuada para este caso tiene las siguientes propiedades:

- o Configuración seleccionada: 25-25/5/42
- o Geometría del sistema: Anillo rectangular
- o Distancia de la red: 2.5x2.5 m
- o Profundidad del electrodo horizontal: 0,5 m
- o Número de picas: cuatro
- o Longitud de las picas: 2 metros

Parámetros característicos del electrodo:

- o De la resistencia  $K_r = 0,121$
- o De la tensión de paso  $K_p = 0,0291$
- o De la tensión de contacto  $K_c = 0,0633$

Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto.

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, se adaptan las siguientes medidas de seguridad:

- o Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del Edificio/s no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.
- o En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra del mismo.
- o En el caso de instalar las picas en hilera, se dispondrán alineadas con el frente del edificio.
- o Alrededor del edificio de maniobra exterior se colocará una acera perimetral de 1 m de ancho con un espesor suficiente para evitar tensiones de contacto cuando se maniobran los equipos desde el exterior.

El valor real de la resistencia de puesta a tierra del edificio será:

$$R'_t = K_r \cdot R_o$$

donde:

$K_r$  coeficiente del electrodo

$R_o$  resistividad del terreno en  $[\Omega \cdot m]$

$R'_t$  resistencia total de puesta a tierra  $[\Omega \cdot m]$

por lo que para el Centro de Transformación:

- o  $R'_t = 18,15 \text{ Ohm}$

La intensidad de defecto real, tal y como indica la fórmula:

- o  $I'd = 5 \text{ A}$

### **Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación**

En los edificios de maniobra exterior no existen posibles tensiones de paso en el interior ya que no se puede acceder al interior de los mismos.

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, es necesario una acera perimetral, en la cual no se precisa el cálculo de las tensiones de paso y de contacto desde esta acera con el interior, ya que éstas son prácticamente nulas. Se considera que la acera perimetral es parte del edificio.

La tensión de defecto vendrá dada por:

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

donde:

$R'_t$  resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

$I'_d$  intensidad de defecto [A]

$V'_d$  tensión de defecto [V]

$$V'_d = 9075 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$V'_c = K_c \cdot R_o \cdot I'_d$$

$$V'_c = 4747,5 \text{ V}$$

donde:

$K_c$  coeficiente

$R_o$  resistividad del terreno en [ $\Omega \cdot m$ ]

$I'_d$  intensidad de defecto [A]

$V'_c$  tensión de paso en el acceso [V]

### **Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación**

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de contacto en el exterior de la instalación, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Tensión de paso en el exterior:

$$V'_p = K_p \cdot R_o \cdot I'_d$$

$$V'_p = 2182,5 \text{ V}$$

Donde:

$K_p$  coeficiente

$R_o$  resistividad del terreno en [Ohm·m]

$I'_d$  intensidad de defecto [A]

$V'_p$  tensión de paso en el exterior [V]

### Cálculo de las tensiones aplicadas

Los valores admisibles son para una duración total de la falta igual a:

$$t = 0,2 \text{ s}$$

Tensión de paso en el exterior:

$$U_p = 10 * U_{ca} \left[ 1 + \frac{2 * R_{a1} + 6 * R_0}{1000} \right]$$

$$V_p = 31152 \text{ V}$$

donde:

$U_{ca}$  valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta

$R_0$  resistividad del terreno en [ $\Omega \cdot m$ ]

$R_{a1}$  Resistencia del calzado, superficies de material aislante, etc. [ $\Omega m$ ] por lo que, para este caso

La tensión de paso en el acceso al edificio:

$$U_{pacc} = 10 * U_{ca} \left[ 1 + \frac{2 * R_{a1} + 3 * R_0 + 3 * R'_0}{1000} \right]$$

$$V_p(acc) = 76296 \text{ V}$$

donde:

$V_{ca}$  valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta

$R_0$  resistividad del terreno en [ $\Omega \cdot m$ ]

$R'_0$  resistividad del hormigón en [ $\Omega \cdot m$ ]

$R_{a1}$  Resistencia del calzado, superficies de material aislante, etc. [ $\Omega m$ ]

Comprobamos ahora que los valores calculados para el caso de este Centro de Transformación son inferiores a los valores admisibles:

Tensión de paso en el exterior del centro:

$$\circ V'_p = 1631,49 \text{ V} < V_p = 31152 \text{ V}$$

Tensión de paso en el acceso al centro:

$$\circ V'_p(acc) = 3548,9 \text{ V} < V_p(acc) = 76296 \text{ V}$$

Tensión de defecto:

$$\circ V'_d = 6783,84 \text{ V} < V_{bt} = 10000 \text{ V}$$

Intensidad de defecto:

- o  $I_a = 50 \text{ A} < I_d = 500 \text{ A} < I_{dm} = 500 \text{ A}$

### Investigación de las tensiones transferibles al exterior

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando así que afecten a los usuarios, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas, siempre que la tensión de defecto supere los 1000V.

En este caso es imprescindible mantener esta separación, al ser la tensión de defecto superior a los 1000 V indicados.

La distancia mínima de separación entre los sistemas de tierras viene dada por la expresión:

$$D = \frac{R_o \cdot I'_d}{2000 \cdot \pi}$$

$$D = 11,94 \text{ m}$$

donde:

$R_o$  resistividad del terreno en [ $\Omega \cdot \text{m}$ ]

$I'_d$  intensidad de defecto [A]

D distancia mínima de separación [m]

Se conectará a este sistema de tierras de servicio el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características del sistema de tierras de servicio son las siguientes:

- o Identificación: 5/22 (según método UNESA)
- o Geometría: Picas alineadas
- o Número de picas: dos
- o Longitud entre picas: 2 metros
- o Profundidad de las picas: 0,5 m

Los parámetros según esta configuración de tierras son:

- o  $K_r = 0,194$
- o  $K_c = 0,0253$

El criterio de selección de la tierra de servicio es no ocasionar en el electrodo una tensión superior a 24 V cuando existe un defecto a tierra en una instalación de BT protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 650 mA. Para ello la resistencia de puesta a tierra de servicio debe ser inferior a 37  $\Omega$ .

$$R_{tserv} = K_r \cdot R_o = 0,194 \cdot 150 = 29,1 < 37 \Omega$$

Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, protegido con tubo de PVC de grado de protección 7 como mínimo, contra daños mecánicos.

## 2.3 Línea Subterránea de Alta Tensión

### 2.3.1 Intensidad y Densidad de Corriente

Ambos parámetros se emplearán para determinar el valor de la sección del conductor a utilizar.

Se determinarán a través de las ecuaciones siguientes:

Cálculo de la intensidad total nominal:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * U} (A)$$

$$I = 45,58 \text{ A}$$

Factores de Corrección:

Canalización subterránea directamente enterrada a 1'25 metros de profundidad:  $K_1=1$

Temperatura del terreno: 25°C:  $K_2=1$

Resistividad térmica del terreno: 1'5 km/W:  $K_3=1$

Sólo circula un conductor:  $K_4=1$

$$Kt = K_1 * K_2 * K_3 * K_4$$

$$Kt = 1 * 1 * 1 * 1$$

$$Kt = 1$$

Cálculo de la intensidad máxima:

$$I_{max} = \frac{I}{Kt} (A)$$

$$I_{max} = 45,58 \text{ A}$$

Cálculo de la densidad de corriente:

$$\delta = \frac{I}{S} \left( \frac{A}{mm^2} \right)$$

$$\delta = 0,028$$

Por lo tanto, se puede afirmar que la sección del conductor de la línea subterránea será de:

$$S = 150 \text{ mm}^2$$

$$I = 275 \text{ A}$$

De acuerdo con la normativa de IBERDROLA esta sección es la mínima para este tipo de líneas.

Sección nominal de los conductores mm <sup>2</sup>	Tipo de aislamiento seco	
	NLPE	HEPR
150	260	275
240	345	365
400	445	470

### 2.3.2 Reactancia

Los siguientes valores se extraen de los valores aportados por el fabricante del Conductor elegido (en este caso PRYSMIAN, Pag33) a la temperatura de 105°C.

R [Ω/km]	0,277
X [Ω/km]	0,110
C [μf/km]	0,333

### 2.3.3 Caída de Tensión

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

$$R = 0,227 \Omega/\text{Km}$$

$$X = 0,110 \Omega/\text{Km}$$

$$L = 100 \text{ m}$$

### 2.3.4 Intensidad de Cortocircuito

Corriente de cortocircuito:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U} [\text{KA}]$$

$$I_{ccm\acute{a}x} = \delta \cdot S [\text{KA}]$$

Para determinar el tiempo de disparo y poder determinar el valor de la densidad de corriente utilizamos la siguiente expresión:

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

Siendo:

K (Aluminio) = 94

Por lo que tomo t = 0,5 [s]:

$$\delta (t = 0,5 [s]) = 134,28 [A/\text{mm}^2]$$

Donde:  $I_{ccm\acute{a}x} > I_{cc}$

### 2.3.5 Capacidad de transporte de la línea

$$P \cdot L = \frac{U^2}{100 \cdot (R + X \cdot \text{Tang}(\varphi))} \cdot e$$

### 2.3.6 Tablas resultado de cálculo tramo de AT

Conductor	Cable HEPR 12/20 kV de 150 mm <sup>2</sup> de aluminio
Caída de Tensión [V]	0,6
Caída de Tensión [%]	0,003
Capacidad de Transporte [MW·km]	59,6
P [MW]	596
PO [kW]	1300
I <sub>cc</sub> [kA]	10,10
I <sub>ccmáx</sub> [KA]	15,56
t <sub>cc</sub> [s]	1,18

### 2.3.7 Entronque aéreo-subterráneo. Protecciones. Accesorios

Para seleccionar la aparatenta del entronque A/S así como las protecciones de la propia línea de media tensión que une este con el centro de transformación, en primer lugar, se determinará el valor de la línea de fuga mediante la siguiente relación:

$$Nivel\ de\ Aislamiento = \frac{N^{\circ}\ de\ Aisladores * Línea\ de\ Fuga}{U^{+elevada}}$$

Tomando las siguientes características:

Nivel de aislamiento Medio [mm/kV]	20
Número de aisladores (composite)	1
Tensión más elevada [kV]	24

#### Pararrayos

Habiendo tomado que en caso de cortocircuito nuestro sistema se encuentra conectado con el neutro conectado rígidamente a tierra, determino que para una tensión nominal de 20 kV el valor de la tensión asignada.

Así pues, con el valor de tensión asignada y el valor de la línea de fuga se elegirá el modelo de pararrayos.

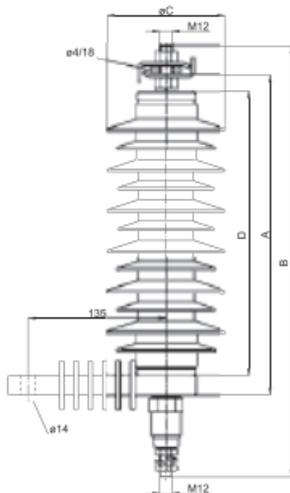
En la siguiente tabla pueden verse los resultados:

Línea de fuga [mm/kV]	480
Tensión asignada [kV]	21
Pararrayos (INAEL)	INZP 2110

#### Determinación de la Aparatenta

Según el catálogo de INAEL, se escoge la siguiente Aparatenta

Dimensiones de pararrayos INZP



Tipo Type	Ur, kV,	Dimensiones Dimensions mm,				Línea de fuga Creepage distance Ligne de fuite mm,	Peso Weight Pods kG,	Envolvente Housing Envelope
		A	B	C	D			
INZP 0310	3	219	326	106	186	462	2	P
INZP 0610	6						2,1	
INZP 0910	9						2,2	
INZP 1010	10						2,3	
INZP 1210	12						2,4	
INZP 1510	15	256	363	106	219	603	3	M
INZP 1810	18						3,2	
INZP 2110	21						3,6	
INZP 2410	24	317	424	115	280	795	3,7	N
INZP 2710	27						4,6	
INZP 3010	30						4,7	
INZP 3310	33						4,9	
INZP 3610	36	463	570	106	426	1135	5	X
INZP 3910	39						5,1	
INZP 4210	42						5,2	

Una vez determinado el modelo, hay que añadir que el número de pararrayos a colocar será de 3 en el entronque y 3 en el centro de transformación (2 por fase).

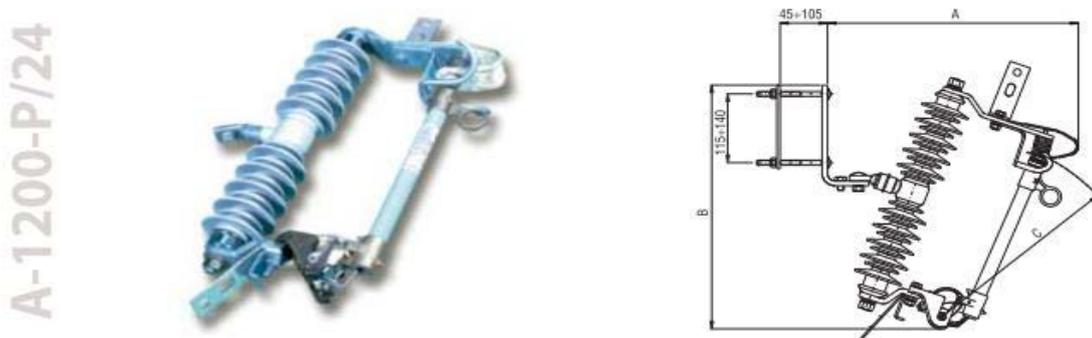
Fusibles

Conocidos los valores de tensión asignada y línea de fuga se puede determinar utilizando el catálogo de un fabricante (INAEL) el modelo, siendo este:

Cortacircuitos de expulsión	A1200P24 3AP241000
-----------------------------	--------------------

En la imagen inferior vemos la referencia obtenida según los valores de tensión

■ CUT-OUTS POLIMERICOS DE SIMPLE EXPULSION



DIMENSIONES		Ur kV	LÍNEA DE FUGA mm.	DIMENSIONES mm.			PESO kg
TIPO	CÓDIGO			A	B	C	
A-1200-P/24	3AP241000	24	575	465	500	380	8
A-1000-VP	3AVP1500	15	360	525	390	275	7,8
A-1200-VP/24	3AVP2400	24	755	615	490	380	8,4
A-1200-VP/36	3AVP3600	36	826	690	540	468	9

El número de cortacircuitos a colocar será de 3 (uno por fase en el entronque).

Terminales para el cable (accesorios)

Acudiendo ahora al catálogo de PRYSMIAN y conocidos los valores de la sección del conductor y de tensión máxima, se puede determinar un modelo de conector.

Características:

U [kV]	24
S [mm <sup>2</sup> ]	150-240
Referencia	MSCS-400A-150-240/24-T3-P1

Por tanto, elegiré el conector separable recto ELASCON MSCS-400<sup>a</sup>

Determinación de la Cruceta

Por ser un entronque aéreo-subterráneo, se escoge una cruceta recta.



El tipo de cruceta RC"x"-T, vendrá dado por el esfuerzo vertical admisible. En este caso se utilizará la cruceta del proyecto tipo de Iberdrola.

## 2.4 Línea Subterránea de Baja Tensión (Nave Industrial Nº1)

### 2.4.1 Intensidad

La intensidad se calcula según la siguiente fórmula:

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

Siendo:

I = Intensidad en A

P = Potencia en kW

U = Tensión compuesta en V

$\cos\phi = 0,9$

Canalización Directamente Enterrados:  $K1=1$

Resistividad térmica del terreno  $1,5 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$ :  $K2=1$

Profundidad conductores  $0,7\text{m}$ :  $K3=1$

$$Kt = 1$$

### 2.4.2 Caída de Tensión

La caída de tensión máxima admisible se calcula según:

$$\Delta U = \frac{L * Pc}{K * U * n * S * R} + \frac{L * Pc * Xu * \text{sen}\phi}{1000 * U * n * R * \cos\phi}$$

donde:

Pc = Potencia de Cálculo en Watios.

L = Longitud de Cálculo en metros.

e = Caída de tensión en Voltios.

K = Conductividad.

I = Intensidad en Amperios.

U = Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica).

S = Sección del conductor en  $\text{mm}^2$ .

$\cos j$  = Coseno de fi. Factor de potencia.

R = Rendimiento. (Para líneas motor).

n = Nº de conductores por fase.

Xu = Reactancia por unidad de longitud en  $\text{mW}/\text{m}$ .

Fórmula Conductividad Eléctrica

$$K = 1/r$$

$$r = r_{20}[1+a(T-20)]$$

$$T = T_0 + [(T_{max}-T_0) (I/I_{max})^2]$$

Siendo,

K = Conductividad del conductor a la temperatura T.

r = Resistividad del conductor a la temperatura T.

r<sub>20</sub> = Resistividad del conductor a 20°C.

$$Cu = 0.018$$

$$Al = 0.029$$

a = Coeficiente de temperatura:

$$Cu = 0.00392$$

$$Al = 0.00403$$

T = Temperatura del conductor (°C).

T<sub>0</sub> = Temperatura ambiente (°C):

Cables enterrados = 25°C

Cables al aire = 40°C

T<sub>max</sub> = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):

XLPE, EPR = 90°C

PVC = 70°C

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

I<sub>max</sub> = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

### 2.4.3 Intensidad de Cortocircuito

$$I_{pccF} = \frac{Ct * Uf}{\sqrt{3} * Zt}$$

Siendo,

I<sub>pccF</sub>: intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA.

Ct: Coeficiente de tensión.

U: Tensión trifásica en V.

Zt: Impedancia total en mΩ, aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio).

La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Zt = \sqrt{Rt^2 + Xt^2}$$

Siendo,

Rt: R<sub>1</sub> + R<sub>2</sub> + ..... + R<sub>n</sub> (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

Xt: X<sub>1</sub> + X<sub>2</sub> + ..... + X<sub>n</sub> (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$$R = \frac{L * 1000 * Cr}{K * S * n} (m\Omega)$$

$$X = \frac{Xu * L}{n} (m\Omega)$$

$$X = Xu \cdot L / n \text{ (mohm)}$$

- R: Resistencia de la línea en mohm.
- X: Reactancia de la línea en mohm.
- L: Longitud de la línea en m.
- CR: Coeficiente de resistividad.
- K: Conductividad del metal.
- S: Sección de la línea en mm<sup>2</sup>.
- Xu: Reactancia de la línea, en mohm por metro.
- n: n° de conductores por fase.

$$T_{mcicc} = Cc \frac{S^2}{I_{pccf}^2}$$

Siendo,

- t<sub>mcicc</sub>: Tiempo máximo en sg que un conductor soporta una I<sub>pcc</sub>.
- Cc= Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.
- S: Sección de la línea en mm<sup>2</sup>.
- I<sub>pccF</sub>: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$L_{max} = 0,8 U_F / 2 \cdot I_{F5} \cdot \sqrt{(1,5 / K \cdot S \cdot n)^2 + (X_u / n \cdot 1000)^2}$$

$$L_{max} = \frac{0,8 * U_f}{2 * I_{f5} * \sqrt{\left(\frac{1,5}{K} * S * n\right)^2 + \left(\frac{X_u}{n * 1000}\right)^2}}$$

Siendo,

- L<sub>max</sub>: Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles)
- UF: Tensión de fase (V)
- K: Conductividad
- S: Sección del conductor (mm<sup>2</sup>)
- Xu: Reactancia por unidad de longitud (mΩ/m). En conductores aislados suele ser 0,1.
- n: n° de conductores por fase
- Ct= 0,8: Es el coeficiente de tensión.
- CR = 1,5: Es el coeficiente de resistencia.
- IF5 = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 sg.

\* Curvas válidas. (Para protección de Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético).

CURVA B	IMAG = 5 In
CURVA C	IMAG = 10 In
CURVA D Y MA	IMAG = 20 In

### Fórmulas Embarrados

#### Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{max} = \frac{I_{pcc}^2 * L^2}{60 * d * W_y * n}$$

Siendo,

$\sigma_{max}$ : Tensión máxima en las pletinas (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $I_{pcc}$ : Intensidad permanente de c.c. (kA)  
 L: Separación entre apoyos (cm)  
 d: Separación entre pletinas (cm)  
 n: nº de pletinas por fase  
 $W_y$ : Módulo resistente por pletina eje y-y (cm<sup>3</sup>)  
 $\sigma_{adm}$ : Tensión admisible material (kg/cm<sup>2</sup>)

### Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{ccs} = \frac{Kc * S}{1000 * \sqrt{t_{cc}}}$$

Siendo,

$I_{pcc}$ : Intensidad permanente de c.c. (kA)  
 $I_{cccs}$ : Intensidad de c.c. soportada por el conductor durante el tiempo de duración del c.c. (kA)  
 S: Sección total de las pletinas (mm<sup>2</sup>)  
 $t_{cc}$ : Tiempo de duración del cortocircuito (s)  
 Kc: Constante del conductor: Cu = 164, Al = 107

## 2.4.4 Tabla de Resultados

### DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

MAQUINAR OFICINA	6000 W
A. ACONDICIONADO	18000 W
GRUPO PRESIÓN	12800 W
TUPI	29440 W
REGRUESADORA	20520 W
COMPRESOR	22080 W
EMBALADORA	14720 W
LIJADORA	12400 W
FRESADORA	20480 W
ESCUADRADORA	18760 W
SIERRA AUTOMÁTICA	16608 W
CHAPADORA DE CANTO	14550 W
ILUM EMERG NAVE	192 W
ILUMI ENTRADA NAVE	441 W
TALLER GENERAL 1	2205 W
TALLER GENERAL 2	2352 W
TALLER GENERAL 3	2205 W
BAÑOS GENERALES	54 W
ILUMINA PASILLOS	1764 W
ILUM OFICINA 1,2	576 W
ILUM OFICINA 3,4	576 W
SALA CONFERENCIAS	432 W
ILUM BAÑOS SUPERIO	216 W
ILUM ALMACEN 1	400 W
ILUM ALAMCEN 2	450 W
ILUM VESTUARIOS 1	200 W
ILUM VESTUARIOS 2	200 W
ILUM EXTERIOR NAVE	500 W
TOTAL....	219121 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 12763
- Potencia Instalada Fuerza (W): 206358
- Potencia Máxima Admisible (W): 262709.75

#### Cálculo de la ACOMETIDA

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)
- Longitud: 3 m; Cos j: 0.8; Xu(mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 219121 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47 y ITC-BT-44):  
 $29440 \times 1.25 + 199891.41 = 236691.41$  W. (Coef. de Simult.: 1 )

$$I = 236691.41 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 427.06 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2(3x120/150)mm<sup>2</sup>Al  
 Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-AI  
 I.ad. a 25°C (Fc=0.8) 472 A. según ITC-BT-07  
 Diámetro exterior tubo: 2(160) mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 78.21

$$e(\text{parcial}) = 3 \times 236691.41 / 27.93 \times 400 \times 2 \times 120 = 0.26 \text{ V.} = 0.07 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.07\% \text{ ADMIS (2\% MAX.)}$$

#### Cálculo de la Línea: LINEA USOS VARIOS

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 1 m; Cos j: 0.8; Xu(mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 36800 W.
- Potencia de cálculo:  
 $36800$  W. (Coef. de Simult.: 1 )

$$I = 36800 / 230 \times 0.8 = 200 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x95mm<sup>2</sup>Cu  
 Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K  
 I.ad. a 40°C (Fc=1) 224 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 63.92

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 1 \times 36800 / 47.4 \times 230 \times 95 = 0.07 \text{ V.} = 0.03 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.03\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Aut./Bip. In.: 250 A. Térmico reg. Int.Reg.: 212 A.

Protección diferencial:

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 30 mA.

#### Cálculo de la Línea: MAQUINAR OFICINA

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.o Mult.Falso Techo
- Longitud: 10 m; Cos j: 0.8; Xu(mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 6000 W.

- Potencia de cálculo: 6000 W.

$$I = 6000 / 230 \times 0.8 = 32.61 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x6+TTx6mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 46 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 65.13

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 10 \times 6000 / 47.21 \times 230 \times 6 = 1.84 \text{ V.} = 0.8 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.83\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 38 A.

#### Cálculo de la Línea: A. ACONDICIONADO

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: B1-Unip.o Mult.Falso Techo

- Longitud: 8 m; Cos j: 0.8; Xu(mW/m): 0;

- Potencia a instalar: 18000 W.

- Potencia de cálculo: 18000 W.

$$I = 18000 / 230 \times 0.8 = 97.83 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x25+TTx16mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 110 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 79.55

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 8 \times 18000 / 45.04 \times 230 \times 25 = 1.11 \text{ V.} = 0.48 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.51\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Aut./Bip. In.: 100 A. Térmico reg. Int.Reg.: 100 A.

#### Cálculo de la Línea: GRUPO PRESIÓN

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: B1-Unip.o Mult.Falso Techo

- Longitud: 10 m; Cos j: 0.8; Xu(mW/m): 0;

- Potencia a instalar: 12800 W.

- Potencia de cálculo: 12800 W.

$$I = 12800 / 230 \times 0.8 = 69.57 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x16+TTx16mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 87 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 71.97

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 10 \times 12800 / 46.15 \times 230 \times 16 = 1.51 \text{ V.} = 0.66 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.69\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Aut./Bip. In.: 100 A. Térmico reg. Int.Reg.: 78 A.

Cálculo de la Línea: Línea Subcuadro 1

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 1 m; Cos j: 0.8; Xu(mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 72040 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):  
29440x1.25+42600=79400 W.(Coef. de Simult.: 1 )

$$I=79400/1,732 \times 400 \times 0.8=143.26 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x70mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 160 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 64.05

$$e(\text{parcial})=1 \times 79400 / 47.37 \times 400 \times 70=0.06 \text{ V.}=0.01 \%$$

$$e(\text{total})=0.01\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 160 A. Térmico reg. Int.Reg.: 152 A.

Protección diferencial:

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 30 mA.

Cálculo de la Línea: TUPI

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: E-Unip.o Mult.Bandeja Perfor
- Longitud: 3 m; Cos j: 0.8; Xu(mW/m): 0; R: 1
- Potencia a instalar: 29440 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):  
29440x1.25=36800 W.

$$I=36800/1,732 \times 400 \times 0.8 \times 1=66.4 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Tripolares 4x16+TTx16mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 87 A. según ITC-BT-19

Dimensiones bandeja: 75x60 mm. Sección útil: 2770 mm<sup>2</sup>.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 69.12

$$e(\text{parcial})=3 \times 36800 / 46.59 \times 400 \times 16 \times 1=0.37 \text{ V.}=0.09 \%$$

$$e(\text{total})=0.11\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 100 A. Térmico reg. Int.Reg.: 77 A.

Protección diferencial:

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 30 mA.

Cálculo de la Línea: REGRUESADORA

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: E-Unip.o Mult.Bandeja Perfor
- Longitud: 2 m; Cos j: 0.8; Xu(mW/m): 0; R: 1
- Potencia a instalar: 20520 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):  
20520x1.25=25650 W.

$$I = 25650 / 1,732 \times 400 \times 0.8 \times 1 = 46.28 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Tripolares 4x16+TTx16mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 87 A. según ITC-BT-19

Dimensiones bandeja: 75x60 mm. Sección útil: 2770 mm<sup>2</sup>.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 54.15

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 25650 / 49 \times 400 \times 16 \times 1 = 0.16 \text{ V.} = 0.04 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.06\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 47 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 63 A. Sens. Int.: 30 mA.

#### Cálculo de la Línea: COMPRESOR

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: E-Unip.o Mult.Bandeja Perfor

- Longitud: 2 m; Cos j: 0.8; Xu(mW/m): 0; R: 1

- Potencia a instalar: 22080 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):

$$22080 \times 1.25 = 27600 \text{ W.}$$

$$I = 27600 / 1,732 \times 400 \times 0.8 \times 1 = 49.8 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Tripolares 4x16+TTx16mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 87 A. según ITC-BT-19

Dimensiones bandeja: 75x60 mm. Sección útil: 2770 mm<sup>2</sup>.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 56.38

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 27600 / 48.62 \times 400 \times 16 \times 1 = 0.18 \text{ V.} = 0.04 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.06\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 50 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 63 A. Sens. Int.: 30 mA.

#### Cálculo de la Línea: Línea Subcuadro 2

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared

- Longitud: 1 m; Cos j: 0.8; Xu(mW/m): 0;

- Potencia a instalar: 47600 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):

$$20480 \times 1.25 + 27120 = 52720 \text{ W. (Coef. de Simult.: 1)}$$

$$I = 52720 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 95.12 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x35mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 104 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 65.1

$e(\text{parcial}) = 1 \times 52720 / 47.21 \times 400 \times 35 = 0.08 \text{ V.} = 0.02 \%$

$e(\text{total}) = 0.02\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 100 A. Térmico reg. Int.Reg.: 100 A.

Protección diferencial:

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 30 mA.

#### Cálculo de la Línea: EMBALADORA

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: E-Unip.o Mult.Bandeja Perfor

- Longitud: 2 m; Cos j: 0.8; Xu(mW/m): 0; R: 1

- Potencia a instalar: 14720 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):

$14720 \times 1.25 = 18400 \text{ W.}$

$I = 18400 / 1,732 \times 400 \times 0.8 \times 1 = 33.2 \text{ A.}$

Se eligen conductores Tripolares 4x16+TTx16mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 87 A. según ITC-BT-19

Dimensiones bandeja: 75x60 mm. Sección útil: 2770 mm<sup>2</sup>.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 47.28

$e(\text{parcial}) = 2 \times 18400 / 50.19 \times 400 \times 16 \times 1 = 0.11 \text{ V.} = 0.03 \%$

$e(\text{total}) = 0.05\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 38 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.

#### Cálculo de la Línea: LIJADORA

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: E-Unip.o Mult.Bandeja Perfor

- Longitud: 3 m; Cos j: 0.8; Xu(mW/m): 0; R: 1

- Potencia a instalar: 12400 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):

$12400 \times 1.25 = 15500 \text{ W.}$

$I = 15500 / 1,732 \times 400 \times 0.8 \times 1 = 27.97 \text{ A.}$

Se eligen conductores Tripolares 4x16+TTx16mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 87 A. según ITC-BT-19

Dimensiones bandeja: 75x60 mm. Sección útil: 2770 mm<sup>2</sup>.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 45.17

$e(\text{parcial}) = 3 \times 15500 / 50.57 \times 400 \times 16 \times 1 = 0.14 \text{ V.} = 0.04 \%$

$e(\text{total}) = 0.06\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 30 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.

#### Cálculo de la Línea: FRESADORA

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: E-Unip.o Mult.Bandeja Perfor
- Longitud: 5 m; Cos j: 0.8; Xu(mW/m): 0; R: 1
- Potencia a instalar: 20480 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):  
 $20480 \times 1.25 = 25600$  W.

$$I = 25600 / (1,732 \times 400 \times 0.8) = 46.19 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Tripolares 4x10+TTx10mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 65 A. según ITC-BT-19

Dimensiones bandeja: 75x60 mm. Sección útil: 2770 mm<sup>2</sup>.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 65.25

$$e(\text{parcial}) = 5 \times 25600 / (47.19 \times 400 \times 10 \times 1) = 0.68 \text{ V.} = 0.17 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.19\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 47 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 63 A. Sens. Int.: 30 mA.

#### Cálculo de la Línea: Línea Subcuadro 3

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 1 m; Cos j: 0.8; Xu(mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 49918 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):  
 $18760 \times 1.25 + 31158 = 54608$  W. (Coef. de Simult.: 1 )

$$I = 54608 / (1,732 \times 400 \times 0.8) = 98.53 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x35mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 104 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 66.93

$$e(\text{parcial}) = 1 \times 54608 / (46.92 \times 400 \times 35) = 0.08 \text{ V.} = 0.02 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.02\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 100 A. Térmico reg. Int.Reg.: 100 A.

Protección diferencial:

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 30 mA.

#### Cálculo de la Línea: ESCUADRADORA

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: E-Unip.o Mult.Bandeja Perfor
- Longitud: 2 m; Cos j: 0.8; Xu(mW/m): 0; R: 1

- Potencia a instalar: 18760 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):  
 $18760 \times 1.25 = 23450$  W.

$$I = 23450 / (1,732 \times 400 \times 0.8) = 42.31 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Tripolares 4x16+TTx16mm<sup>2</sup>Cu  
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K  
I.ad. a 40°C (Fc=1) 87 A. según ITC-BT-19  
Dimensiones bandeja: 75x60 mm. Sección útil: 2770 mm<sup>2</sup>.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 51.83

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 23450 / (49.39 \times 400 \times 16) = 0.15 \text{ V.} = 0.04 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.06\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 47 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 63 A. Sens. Int.: 30 mA.

#### Cálculo de la Línea: SIERRA AUTOMÁTICA

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: E-Unip.o Mult.Bandeja Perfor
- Longitud: 3 m; Cos j: 0.8; Xu(mW/m): 0; R: 1
- Potencia a instalar: 16608 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):  
 $16608 \times 1.25 = 20760$  W.

$$I = 20760 / (1,732 \times 400 \times 0.8) = 37.46 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Tripolares 4x16+TTx16mm<sup>2</sup>Cu  
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K  
I.ad. a 40°C (Fc=1) 87 A. según ITC-BT-19  
Dimensiones bandeja: 75x60 mm. Sección útil: 2770 mm<sup>2</sup>.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 49.27

$$e(\text{parcial}) = 3 \times 20760 / (49.84 \times 400 \times 16) = 0.2 \text{ V.} = 0.05 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.07\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 38 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.

#### Cálculo de la Línea: CHAPADORA DE CANTO

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: E-Unip.o Mult.Bandeja Perfor
- Longitud: 5 m; Cos j: 0.8; Xu(mW/m): 0; R: 1
- Potencia a instalar: 14550 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):  
 $14550 \times 1.25 = 18187.5$  W.

$$I = 18187.5 / (1,732 \times 400 \times 0.8) = 32.82 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Tripolares 4x16+TTx16mm<sup>2</sup>Cu  
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 87 A. según ITC-BT-19  
 Dimensiones bandeja: 75x60 mm. Sección útil: 2770 mm<sup>2</sup>.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 47.11

e(parcial)= $5 \times 18187.5 / 50.22 \times 400 \times 16 \times 1 = 0.28$  V. = 0.07 %

e(total)=0.09% ADMIS (6.5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 38 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.

#### Cálculo de la Línea: LINEA TALLER GENER

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; Cos j: 0.8; Xu(mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 7395 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
13311 W.(Coef. de Simult.: 1 )

$I = 13311 / 230 \times 0.8 = 72.34$  A.

Se eligen conductores Unipolares 2x16mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 73 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 69.46

e(parcial)= $2 \times 0.3 \times 13311 / 46.53 \times 230 \times 16 = 0.05$  V. = 0.02 %

e(total)=0.02% ADMIS (4.5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Aut./Bip. In.: 100 A. Térmico reg. Int.Reg.: 73 A.

#### Cálculo de la Línea: ILUM EMERG NAVE

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.o Mult.Falso Techo
- Longitud: 12 m; Cos j: 1; Xu(mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 192 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
 $192 \times 1.8 = 345.6$  W.

$I = 345.6 / 230 \times 1 = 1.5$  A.

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.28

e(parcial)= $2 \times 12 \times 345.6 / 51.46 \times 230 \times 1.5 = 0.47$  V. = 0.2 %

e(total)=0.22% ADMIS (4.5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

### Cálculo de la Línea: ILUMI ENTRADA NAVE

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.o Mult.Falso Techo
- Longitud: 50 m; Cos j: 1; Xu(mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 441 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
 $441 \times 1.8 = 793.8 \text{ W}$ .

$$I = 793.8 / 230 \times 1 = 3.45 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares  $2 \times 1.5 + TT \times 1.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$   
 Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K  
 I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.49

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 50 \times 793.8 / 51.24 \times 230 \times 1.5 = 4.49 \text{ V.} = 1.95 \%$$

$$e(\text{total}) = 1.97\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

### Cálculo de la Línea: TALLER GENERAL 1

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.o Mult.Falso Techo
- Longitud: 55 m; Cos j: 1; Xu(mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 2205 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
 $2205 \times 1.8 = 3969 \text{ W}$ .

$$I = 3969 / 230 \times 1 = 17.26 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares  $2 \times 4 + TT \times 4 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$   
 Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K  
 I.ad. a 40°C (Fc=1) 36 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 51.49

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 55 \times 3969 / 49.45 \times 230 \times 4 = 9.6 \text{ V.} = 4.17 \%$$

$$e(\text{total}) = 4.19\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 20 A.

### Cálculo de la Línea: TALLER GENERAL 2

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.o Mult.Falso Techo
- Longitud: 45 m; Cos j: 1; Xu(mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 2352 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
 $2352 \times 1.8 = 4233.6 \text{ W}$ .

$$I = 4233.6 / 230 \times 1 = 18.41 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares  $2 \times 4 + TT \times 4 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$   
 Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K  
 I.ad. a 40°C (Fc=1) 36 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 53.07

$e(\text{parcial}) = 2 \times 45 \times 4233.6 / 49.18 \times 230 \times 4 = 8.42 \text{ V.} = 3.66 \%$

$e(\text{total}) = 3.68\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 20 A.

### Cálculo de la Línea: TALLER GENERAL 3

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: B1-Unip.o Mult.Falso Techo

- Longitud: 50 m; Cos j: 1;  $X_u(\text{mW/m})$ : 0;

- Potencia a instalar: 2205 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):

$2205 \times 1.8 = 3969 \text{ W.}$

$I = 3969 / 230 \times 1 = 17.26 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares  $2 \times 4 + \text{TT} \times 4 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K

I.ad. a 40°C ( $F_c=1$ ) 36 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 51.49

$e(\text{parcial}) = 2 \times 50 \times 3969 / 49.45 \times 230 \times 4 = 8.72 \text{ V.} = 3.79 \%$

$e(\text{total}) = 3.81\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 20 A.

### Cálculo de la Línea: LINEA GENER BAÑOS

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared

- Longitud: 0.3 m; Cos j: 0.8;  $X_u(\text{mW/m})$ : 0;

- Potencia a instalar: 54 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):

$97.2 \text{ W. (Coef. de Simult.: 1)}$

$I = 97.2 / 230 \times 0.8 = 0.53 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares  $2 \times 1.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C ( $F_c=1$ ) 16.5 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.03

$e(\text{parcial}) = 2 \times 0.3 \times 97.2 / 51.51 \times 230 \times 1.5 = 0 \text{ V.} = 0 \%$

$e(\text{total}) = 0\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA.

### Cálculo de la Línea: BAÑOS GENERALES

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.o Mult.Falso Techo
- Longitud: 11 m; Cos j: 1; Xu(mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 54 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
 $54 \times 1.8 = 97.2 \text{ W}$ .

$$I = 97.2 / 230 \times 1 = 0.42 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares  $2 \times 1.5 + TT \times 1.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$   
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K  
I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.02

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 11 \times 97.2 / 51.51 \times 230 \times 1.5 = 0.12 \text{ V.} = 0.05 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.05\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

#### Cálculo de la Línea: LINEA GEN OFICINAS

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; Cos j: 0.8; Xu(mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 3564 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
 $6415.2 \text{ W. (Coef. de Simult.: 1)}$

$$I = 6415.2 / 230 \times 0.8 = 34.87 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares  $2 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$   
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K  
I.ad. a 40°C (Fc=1) 40 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 62.79

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 0.3 \times 6415.2 / 47.58 \times 230 \times 6 = 0.06 \text{ V.} = 0.03 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.03\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 38 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.

#### Cálculo de la Línea: ILUMINA PASILLOS

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.o Mult.Falso Techo
- Longitud: 30 m; Cos j: 1; Xu(mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 1764 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
 $1764 \times 1.8 = 3175.2 \text{ W}$ .

$$I = 3175.2 / 230 \times 1 = 13.81 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares  $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$   
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K  
I.ad. a 40°C (Fc=1) 26.5 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 53.57

$e(\text{parcial}) = 2 \times 30 \times 3175.2 / 49.1 \times 230 \times 2.5 = 6.75 \text{ V.} = 2.93 \%$

$e(\text{total}) = 2.96\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

#### Cálculo de la Línea: ILUM OFICINA 1,2

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: B1-Unip.o Mult.Falso Techo

- Longitud: 25 m; Cos j: 1;  $X_u(\text{mW/m})$ : 0;

- Potencia a instalar: 576 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):

$576 \times 1.8 = 1036.8 \text{ W.}$

$I = 1036.8 / 230 \times 1 = 4.51 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares  $2 \times 1.5 + \text{TT} \times 1.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K

I.ad. a 40°C ( $F_c = 1$ ) 20 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.54

$e(\text{parcial}) = 2 \times 25 \times 1036.8 / 51.05 \times 230 \times 1.5 = 2.94 \text{ V.} = 1.28 \%$

$e(\text{total}) = 1.31\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

#### Cálculo de la Línea: ILUM OFICINA 3,4

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: B1-Unip.o Mult.Falso Techo

- Longitud: 12 m; Cos j: 1;  $X_u(\text{mW/m})$ : 0;

- Potencia a instalar: 576 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):

$576 \times 1.8 = 1036.8 \text{ W.}$

$I = 1036.8 / 230 \times 1 = 4.51 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares  $2 \times 1.5 + \text{TT} \times 1.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K

I.ad. a 40°C ( $F_c = 1$ ) 20 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.54

$e(\text{parcial}) = 2 \times 12 \times 1036.8 / 51.05 \times 230 \times 1.5 = 1.41 \text{ V.} = 0.61 \%$

$e(\text{total}) = 0.64\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

#### Cálculo de la Línea: SALA CONFERENCIAS

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: B1-Unip.o Mult.Falso Techo

- Longitud: 15 m; Cos j: 1; Xu(mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 432 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
 $432 \times 1.8 = 777.6 \text{ W}$ .

$$I = 777.6 / 230 \times 1 = 3.38 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm<sup>2</sup>Cu  
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K  
I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.43

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 15 \times 777.6 / 51.25 \times 230 \times 1.5 = 1.32 \text{ V} = 0.57 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.6\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

#### Cálculo de la Línea: ILUM BAÑOS SUPERIO

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.o Mult.Falso Techo
- Longitud: 31 m; Cos j: 1; Xu(mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 216 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
 $216 \times 1.8 = 388.8 \text{ W}$ .

$$I = 388.8 / 230 \times 1 = 1.69 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm<sup>2</sup>Cu  
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K  
I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.36

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 31 \times 388.8 / 51.45 \times 230 \times 1.5 = 1.36 \text{ V} = 0.59 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.62\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

#### Cálculo de la Línea: LINEA GEN ALMACEN

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; Cos j: 0.8; Xu(mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 1250 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
 $2250 \text{ W. (Coef. de Simult.: 1)}$

$$I = 2250 / 230 \times 0.8 = 12.23 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5mm<sup>2</sup>Cu  
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K  
I.ad. a 40°C (Fc=1) 16.5 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 56.48

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 0.3 \times 2250 / 48.61 \times 230 \times 1.5 = 0.08 \text{ V} = 0.04 \%$$

$e(\text{total})=0.04\%$  ADMIS (4.5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA.

#### Cálculo de la Línea: ILUM ALMACEN 1

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.o Mult.Falso Techo
- Longitud: 30 m; Cos j: 1;  $X_u(\text{mW/m})$ : 0;
- Potencia a instalar: 400 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
 $400 \times 1.8 = 720 \text{ W}$ .

$$I = 720 / 230 \times 1 = 3.13 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares  $2 \times 1.5 + \text{TT} \times 1.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K

I.ad. a 40°C ( $F_c=1$ ) 20 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.22

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 30 \times 720 / 51.29 \times 230 \times 1.5 = 2.44 \text{ V.} = 1.06 \%$$

$$e(\text{total}) = 1.1\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

#### Cálculo de la Línea: ILUM ALMACEN 2

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.o Mult.Falso Techo
- Longitud: 25 m; Cos j: 1;  $X_u(\text{mW/m})$ : 0;
- Potencia a instalar: 450 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
 $450 \times 1.8 = 810 \text{ W}$ .

$$I = 810 / 230 \times 1 = 3.52 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares  $2 \times 1.5 + \text{TT} \times 1.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K

I.ad. a 40°C ( $F_c=1$ ) 20 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.55

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 25 \times 810 / 51.23 \times 230 \times 1.5 = 2.29 \text{ V.} = 1 \%$$

$$e(\text{total}) = 1.03\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

#### Cálculo de la Línea: ILUM VESTUARIOS 1

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.o Mult.Falso Techo
- Longitud: 12 m; Cos j: 1;  $X_u(\text{mW/m})$ : 0;
- Potencia a instalar: 200 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
 $200 \times 1.8 = 360 \text{ W}$ .

$$I = 360 / 230 \times 1 = 1.57 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares  $2 \times 1.5 + TT \times 1.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$   
 Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K  
 I.ad. a  $40^\circ \text{C}$  ( $F_c = 1$ ) 20 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable ( $^\circ \text{C}$ ): 40.31

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 12 \times 360 / 51.46 \times 230 \times 1.5 = 0.49 \text{ V} = 0.21 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.25\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

#### Cálculo de la Línea: ILUM VESTUARIOS 2

- Tensión de servicio: 230 V.  
 - Canalización: B1-Unip.o Mult.Falso Techo  
 - Longitud: 15 m; Cos j: 1;  $X_u(\text{mW/m})$ : 0;  
 - Potencia a instalar: 200 W.  
 - Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
 $200 \times 1.8 = 360 \text{ W}$ .

$$I = 360 / 230 \times 1 = 1.57 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares  $2 \times 1.5 + TT \times 1.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$   
 Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K  
 I.ad. a  $40^\circ \text{C}$  ( $F_c = 1$ ) 20 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable ( $^\circ \text{C}$ ): 40.31

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 15 \times 360 / 51.46 \times 230 \times 1.5 = 0.61 \text{ V} = 0.26 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.3\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

#### Cálculo de la Línea: LINEA GENERAL NAVE

- Tensión de servicio: 230 V.  
 - Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared  
 - Longitud: 12 m; Cos j: 0.8;  $X_u(\text{mW/m})$ : 0;  
 - Potencia a instalar: 500 W.  
 - Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
 $900 \text{ W. (Coef. de Simult.: 1)}$

$$I = 900 / 230 \times 0.8 = 4.89 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares  $2 \times 1.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$   
 Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K  
 I.ad. a  $40^\circ \text{C}$  ( $F_c = 1$ ) 16.5 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable ( $^\circ \text{C}$ ): 42.64

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 12 \times 900 / 51.03 \times 230 \times 1.5 = 1.23 \text{ V} = 0.53 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.53\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA.

Cálculo de la Línea: ILUM EXTERIOR NAVE

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.o Mult.Falso Techo
- Longitud: 25 m; Cos j: 1; Xu(mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 500 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
500x1.8=900 W.

$$I = 900 / 230 \times 1 = 3.91 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.91

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 25 \times 900 / 51.16 \times 230 \times 1.5 = 2.55 \text{ V.} = 1.11 \%$$

$$e(\text{total}) = 1.64\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

**Los resultados obtenidos se reflejan en las siguientes tablas:**

**Cuadro General de Mando y Protección**

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	I.Cálculo (A)	I.Admi. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
ACOMETIDA	236691.41	3	2(3x120/150)Al	427.06	472	0.07	0.07	2(160)
LINEA USOS VARIOS	36800	1	2x95Cu	200	224	0.03	0.03	
MAQUINAR OFICINA	6000	10	2x6+TTx6Cu	32.61	46	0.8	0.83	
A. ACONDICIONADO	18000	8	2x25+TTx16Cu	97.83	110	0.48	0.51	
GRUPO PRESIÓN	12800	10	2x16+TTx16Cu	69.57	87	0.66	0.69	
Línea Subcuadro 1	79400	1	4x70Cu	143.26	160	0.01	0.01	
TUPI	36800	3	4x16+TTx16Cu	66.4	87	0.09	0.11	75x60
REGRUESADORA	25650	2	4x16+TTx16Cu	46.28	87	0.04	0.06	75x60
COMPRESOR	27600	2	4x16+TTx16Cu	49.8	87	0.04	0.06	75x60
Línea Subcuadro 2	52720	1	4x35Cu	95.12	104	0.02	0.02	
EMBALADORA	18400	2	4x16+TTx16Cu	33.2	87	0.03	0.05	75x60
LIJADORA	15500	3	4x16+TTx16Cu	27.97	87	0.04	0.06	75x60
FRESADORA	25600	5	4x10+TTx10Cu	46.19	65	0.17	0.19	75x60
Línea Subcuadro 3	54608	1	4x35Cu	98.53	104	0.02	0.02	
ESCUADRADORA	23450	2	4x16+TTx16Cu	42.31	87	0.04	0.06	75x60
SIERRA AUTOMÁTICA	20760	3	4x16+TTx16Cu	37.46	87	0.05	0.07	75x60
CHAPADORA DE CANTO	18187.5	5	4x16+TTx16Cu	32.82	87	0.07	0.09	75x60
LINEA TALLER GENER	13311	0.3	2x16Cu	72.34	73	0.02	0.02	
ILUM EMERG NAVE	345.6	12	2x1.5+TTx1.5Cu	1.5	20	0.2	0.22	
ILUMI ENTRADA NAVE	793.8	50	2x1.5+TTx1.5Cu	3.45	20	1.95	1.97	
TALLER GENERAL 1	3969	55	2x4+TTx4Cu	17.26	36	4.17	4.19	
TALLER GENERAL 2	4233.6	45	2x4+TTx4Cu	18.41	36	3.66	3.68	
TALLER GENERAL 3	3969	50	2x4+TTx4Cu	17.26	36	3.79	3.81	
LINEA GENER BAÑOS	97.2	0.3	2x1.5Cu	0.53	16.5	0	0	
BAÑOS GENERALES	97.2	11	2x1.5+TTx1.5Cu	0.42	20	0.05	0.05	
LINEA GEN OFICINAS	6415.2	0.3	2x6Cu	34.87	40	0.03	0.03	
ILUMINA PASILLOS	3175.2	30	2x2.5+TTx2.5Cu	13.81	26.5	2.93	2.96	
ILUM OFICINA 1,2	1036.8	25	2x1.5+TTx1.5Cu	4.51	20	1.28	1.31	
ILUM OFICINA 3,4	1036.8	12	2x1.5+TTx1.5Cu	4.51	20	0.61	0.64	
SALA CONFERENCIAS	777.6	15	2x1.5+TTx1.5Cu	3.38	20	0.57	0.6	

ILUM BAÑOS SUPERIO	388.8	31	2x1.5+TTx1.5Cu	1.69	20	0.59	0.62
LINEA GEN ALMACEN	2250	0.3	2x1.5Cu	12.23	16.5	0.04	0.04
ILUM ALMACEN 1	720	30	2x1.5+TTx1.5Cu	3.13	20	1.06	1.1
ILUM ALAMCEN 2	810	25	2x1.5+TTx1.5Cu	3.52	20	1	1.03
ILUM VESTUARIOS 1	360	12	2x1.5+TTx1.5Cu	1.57	20	0.21	0.25
ILUM VESTUARIOS 2	360	15	2x1.5+TTx1.5Cu	1.57	20	0.26	0.3
LINEA GENERAL NAVE	900	12	2x1.5Cu	4.89	16.5	0.53	0.53
ILUM EXTERIOR NAVE	900	25	2x1.5+TTx1.5Cu	3.91	20	1.11	1.64

## CALCULO DE EMBARRADO CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCION

### Datos

- Metal: Cu
- Estado pletinas: desnudas
- nº pletinas por fase: 1
- Separación entre pletinas, d(cm): 10
- Separación entre apoyos, L(cm): 25
- Tiempo duración c.c. (s): 0.5

### Pletina adoptada

- Sección (mm<sup>2</sup>): 200
- Ancho (mm): 40
- Espesor (mm): 5
- Wx, Ix, Wy, Iy (cm<sup>3</sup>, cm<sup>4</sup>) : 1.333, 2.666, 0.166, 0.042
- I. admisible del embarrado (A): 520

### a) Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{\max} = \frac{I_{pcc}^2 * L^2}{60 * d * Wv * n} \text{ (Kg/cm}^2\text{Cu)}$$

$$\sigma_{\max} = 1200 \text{ kg/cm}^2 \text{ Cu}$$

### b) Cálculo térmico, por intensidad admisible

$$I_{cal} = 486.6 \text{ A}$$

$$I_{adm} = 520 \text{ A}$$

### c) Comprobación por solicitud térmica en cortocircuito

$$I_{pcc} = 11.69 \text{ kA}$$

$$I_{ccs} = \frac{Kc * S}{1000 * \sqrt{tcc}} = \frac{164 * 200}{1000 * \sqrt{0,5}} = 46,39 \text{ KA}$$

### **Fórmulas Sobrecargas**

$$I_b < I_n < I_z$$

$$I_2 < 1,45 I_z$$

Donde:

I<sub>b</sub>: intensidad utilizada en el circuito.

I<sub>z</sub>: intensidad admisible de la canalización según la norma UNE 20-460/5-523.

I<sub>n</sub>: intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, I<sub>n</sub> es la intensidad de regulación escogida.

I<sub>2</sub>: intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección.

En la práctica I<sub>2</sub> se toma igual:

- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos (1,45 I<sub>n</sub> como máximo).

- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles (1,6 I<sub>n</sub>).

**Los resultados obtenidos se reflejan en las siguientes tablas:**

### Cuadro General de Mando y Protección

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	I.Cálculo (A)	I.Admi. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
ACOMETIDA	269691.41	3	2(4x150)Al	486.6	528	0.06	0.06	2(180)
LINEA GENERAL ALIMENT.	269691.41	5	3(4x150+TTx95)Cu	486.6	780	0.04	0.04	3(160)
DERIVACION IND.	269691.41	2	2(4x150+TTx95)Cu	486.6	520	0.03	0.06	2(180)
LINEA USOS VARIOS	36800	1	4x35Cu	66.4	104	0.01	0.08	
MAQUINAR OFICINA	6000	10	2x6+TTx6Cu	32.61	46	0.8	0.88	
A. ACONDICIONADO	18000	8	2x25+TTx16Cu	97.83	110	0.48	0.56	
GRUPO PRESIÓN	12800	10	4x4+TTx4Cu	23.09	31	0.43	0.5	
LINEA USOS VARIOS	33000	1	4x16Cu	59.54	66	0.03	0.09	
MAQUINAR PORTATIL	15000	10	4x4+TTx4Cu	27.06	31	0.52	0.61	
TERMO AGUA CALIENT	3000	8	4x2.5+TTx2.5Cu	5.41	23	0.12	0.21	
CARGDO CARRETIILLAS	15000	10	4x4+TTx4Cu	27.06	31	0.52	0.61	
Linea Subcuadro 1	79400	1	4x70Cu	143.26	160	0.01	0.08	
TUPI	36800	3	4x16+TTx16Cu	66.4	87	0.09	0.17	75x60
REGRUESADORA	25650	2	4x16+TTx16Cu	46.28	87	0.04	0.12	75x60
COMPRESOR	27600	2	4x16+TTx16Cu	49.8	87	0.04	0.12	75x60
Linea Subcuadro 2	52720	1	4x35Cu	95.12	104	0.02	0.08	
EMBALADORA	18400	2	4x16+TTx16Cu	33.2	87	0.03	0.11	75x60
LIJADORA	15500	3	4x16+TTx16Cu	27.97	87	0.04	0.12	75x60
FRESADORA	25600	5	4x10+TTx10Cu	46.19	65	0.17	0.25	75x60
Linea Subcuadro 3	54608	1	4x35Cu	98.53	104	0.02	0.08	
ESCUADRADORA	23450	2	4x16+TTx16Cu	42.31	87	0.04	0.12	75x60
SIERRA AUTOMÁTICA	20760	3	4x16+TTx16Cu	37.46	87	0.05	0.13	75x60
CHAPADORA DE CANTO	18187.5	5	4x16+TTx16Cu	32.82	87	0.07	0.16	75x60
LINEA TALLER GENER	13311	0.3	4x4Cu	24.02	27	0.01	0.08	
ILUM EMERG NAVE	345.6	12	2x1.5+TTx1.5Cu	1.5	20	0.2	0.28	
ILUMI ENTRADA NAVE	793.8	50	2x1.5+TTx1.5Cu	3.45	20	1.95	2.03	
TALLER GENERAL 1	3969	55	4x1.5+TTx1.5Cu	5.73	16.5	1.8	1.88	
TALLER GENERAL 2	4233.6	45	4x1.5+TTx1.5Cu	6.11	16.5	1.58	1.66	
TALLER GENERAL 3	3969	50	4x1.5+TTx1.5Cu	5.73	16.5	1.64	1.72	
LINEA GENER BAÑOS	97.2	0.3	4x1.5Cu	0.18	15	0	0.06	
BAÑOS GENERALES	97.2	11	2x1.5+TTx1.5Cu	0.42	20	0.05	0.12	
LINEA GEN OFICINAS	6415.2	0.3	4x2.5Cu	11.57	21	0.01	0.07	
ILUMINA PASILLOS	3175.2	30	2x2.5+TTx2.5Cu	13.81	26.5	2.93	3.01	
ILUM OFICINA 1,2	1036.8	25	2x1.5+TTx1.5Cu	4.51	20	1.28	1.35	
ILUM OFICINA 3,4	1036.8	12	2x1.5+TTx1.5Cu	4.51	20	0.61	0.69	
SALA CONFERENCIAS	777.6	15	2x1.5+TTx1.5Cu	3.38	20	0.57	0.65	
ILUM BAÑOS SUPERIO	388.8	31	2x1.5+TTx1.5Cu	1.69	20	0.59	0.66	
LINEA GEN ALMACEN	2250	0.3	4x1.5Cu	4.06	15	0.01	0.07	
ILUM ALMACEN 1	720	30	2x1.5+TTx1.5Cu	3.13	20	1.06	1.13	
ILUM ALAMCEN 2	810	25	2x1.5+TTx1.5Cu	3.52	20	1	1.07	
ILUM VESTUARIOS 1	360	12	2x1.5+TTx1.5Cu	1.57	20	0.21	0.28	
ILUM VESTUARIOS 2	360	15	2x1.5+TTx1.5Cu	1.57	20	0.26	0.33	
LINEA GENERAL NAVE	900	12	4x1.5Cu	1.62	15	0.09	0.15	
ILUM EXTERIOR NAVE	900	25	2x1.5+TTx1.5Cu	3.91	20	1.11	1.26	

### Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	IpccI (kA)	P de C (kA)	IpccF (A)	tmcicc (sg)	tficc (sg)	Lmáx (m)	Curvas válidas
LINEA GENERAL ALIMENT.	5	3(4x150+TTx95)Cu	12	50	5892.13	119.28	3.601	309.12	630
DERIVACION IND.	2	2(4x150+TTx95)Cu	11.83	15	5843.17	53.9			630;B
LINEA USOS VARIOS	1	4x35Cu	11.73	15	5641.43	0.51			100
MAQUINAR OFICINA	10	2x6+TTx6Cu	11.33	15	1798.73	0.23			38;B,C,D
A. ACONDICIONADO	8	2x25+TTx16Cu	11.33	15	4037.24	0.78			100;B,C,D
GRUPO PRESIÓN	10	4x4+TTx4Cu	11.33	15	1335.2	0.18			25;B,C,D
LINEA USOS VARIOS	1	4x16Cu	11.73	15	5417.84	0.12			63
MAQUINAR PORTATIL	10	4x4+TTx4Cu	10.88	15	1321.31	0.19			30;B,C,D
TERMO AGUA CALIENT	8	4x2.5+TTx2.5Cu	10.88	15	1087.76	0.11			16;B,C,D
CARGDO CARRETIILLAS	10	4x4+TTx4Cu	10.88	15	1321.31	0.19			30;B,C,D
Linea Subcuadro 1	1	4x70Cu	11.73	15	5740.69	1.97			160
TUPI	3	4x16+TTx16Cu	11.53	15	4650.24	0.24			100;B,C,D
REGRUESADORA	2	4x16+TTx16Cu	11.53	15	4967.83	0.21			47;B,C,D
COMPRESOR	2	4x16+TTx16Cu	11.53	15	4967.83	0.21			50;B,C,D
Linea Subcuadro 2	1	4x35Cu	11.73	15	5641.43	0.51			100
EMBALADORA	2	4x16+TTx16Cu	11.33	15	4891.71	0.22			38;B,C,D
LIJADORA	3	4x16+TTx16Cu	11.33	15	4582.96	0.25			30;B,C,D
FRESADORA	5	4x10+TTx10Cu	11.33	15	3469.56	0.17			47;B,C,D
Linea Subcuadro 3	1	4x35Cu	11.73	15	5641.43	0.51			100

ESCUADRADORA	2	4x16+TTx16Cu	11.33	15	4891.71	0.22	47;B,C,D
SIERRA AUTOMÁTICA	3	4x16+TTx16Cu	11.33	15	4582.96	0.25	38;B,C,D
CHAPADORA DE CANTO	5	4x16+TTx16Cu	11.33	15	4064.78	0.32	38;B,C,D
LINEA TALLER GENER	0.3	4x4Cu	11.73	15	5339.53	0.01	25
ILUM EMERG NAVE	12	2x1.5+TTx1.5Cu	10.72	15	490.48	0.19	10;B,C,D
ILUM ENTRADA NAVE	50	2x1.5+TTx1.5Cu	10.72	15	125.97	2.9	10;B,C
TALLER GENERAL 1	55	4x1.5+TTx1.5Cu	10.72	15	114.74	3.49	10;B,C
TALLER GENERAL 2	45	4x1.5+TTx1.5Cu	10.72	15	139.62	2.36	10;B,C
TALLER GENERAL 3	50	4x1.5+TTx1.5Cu	10.72	15	125.97	2.9	10;B,C
LINEA GENER BAÑOS	0.3	4x1.5Cu	11.73	15	4658.78		10
BAÑOS GENERALES	11	2x1.5+TTx1.5Cu	9.36	10	522.81	0.17	10;B,C,D
LINEA GEN OFICINAS	0.3	4x2.5Cu	11.73	15	5074.17		16
ILUMINA PASILLOS	30	2x2.5+TTx2.5Cu	10.19	15	335.5	1.14	16;B,C,D
ILUM OFICINA 1,2	25	2x1.5+TTx1.5Cu	10.19	15	245.86	0.76	10;B,C,D
ILUM OFICINA 3,4	12	2x1.5+TTx1.5Cu	10.19	15	487.97	0.19	10;B,C,D
SALA CONFERENCIAS	15	2x1.5+TTx1.5Cu	10.19	15	397.62	0.29	10;B,C,D
ILUM BAÑOS SUPERIO	31	2x1.5+TTx1.5Cu	10.19	15	200.04	1.15	10;B,C,D
LINEA GEN ALMACEN	0.3	4x1.5Cu	11.73	15	4658.78		10
ILUM ALMACEN 1	30	2x1.5+TTx1.5Cu	9.36	10	205.66	1.09	10;B,C,D
ILUM ALAMCEN 2	25	2x1.5+TTx1.5Cu	9.36	10	244.74	0.77	10;B,C,D
ILUM VESTUARIOS 1	12	2x1.5+TTx1.5Cu	9.36	10	483.57	0.2	10;B,C,D
ILUM VESTUARIOS 2	15	2x1.5+TTx1.5Cu	9.36	10	394.7	0.3	10;B,C,D
LINEA GENERAL NAVE	12	4x1.5Cu	11.73	15	494.71	0.12	10
ILUM EXTERIOR NAVE	25	2x1.5+TTx1.5Cu	0.99	4.5	169.42	1.6	10;B,C

## CALCULO DE LA PUESTA A TIERRA

- La resistividad del terreno es 300  $\Omega\text{m}$ .
- El electrodo en la puesta a tierra del edificio, se constituye con los siguientes elementos:

M. conductor de Cu desnudo	35 mm <sup>2</sup>	30 m.
M. conductor de Acero galvanizado	95 mm <sup>2</sup>	
Picas verticales de Cobre	14 mm	
de Acero recubierto Cu	14 mm	1 picas de 2m.
de Acero galvanizado	25 mm	

Con lo que se obtendrá una Resistencia de tierra de 17.65 ohmios.

Los conductores de protección, se calcularon adecuadamente y según la ITC-BT-18, en el apartado del cálculo de circuitos.

Así mismo cabe señalar que la línea principal de tierra no será inferior a 16 mm<sup>2</sup> en Cu, y la línea de enlace con tierra, no será inferior a 25 mm<sup>2</sup> en Cu.

## 2.5 Cálculos del Alumbrado Vial del Polígono

### 2.5.1 Intensidad

La intensidad trifásica se calcula según la siguiente fórmula:

$$I = \frac{Pc}{1,732 * U * \cos\phi} (A)$$

La intensidad monofásica se calcula según la siguiente fórmula:

$$I = \frac{Pc}{U * \cos\phi} (A)$$

En donde:

Pc = Potencia de Cálculo en Watios

I = Intensidad en Amperios

U = Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica).

Cos  $\phi$  = Coseno de  $\phi$ . Factor de potencia.

## 2.5.2 Caída de Tensión

La caída de tensión máxima admisible Trifásica y monofásica se calcula según:

$$\Delta U = 1,732 * I * \left( \frac{L * \cos\phi}{K * n * S} + \frac{L * Xu * \text{sen}\phi}{1000 * n} \right) (V)$$

$$\Delta U = 2 * I * \left( \frac{L * \cos\phi}{K * n * S} + \frac{L * Xu * \text{sen}\phi}{1000 * n} \right) (V)$$

donde:

Pc = Potencia de Cálculo en Watios.

L = Longitud de Cálculo en metros.

e = Caída de tensión en Voltios.

K = Conductividad.

I = Intensidad en Amperios.

U = Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica).

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

Cos  $\phi$  = Coseno de  $\phi$ . Factor de potencia.

R = Rendimiento. (Para líneas motor).

n = N<sup>o</sup> de conductores por fase.

Xu = Reactancia por unidad de longitud en m $\Omega$ /m.

## 2.5.3 Tabla de Resultados

### Red Alumbrado Público

**Las características generales de la red son:**

Tensión (V): Trifásica 400, Monofásica 230

C.d.t. máx. (%): 3

Cos  $\gamma$ : 1

Temperatura cálculo conductividad eléctrica (°C):

- XLPE, EPR: 20

- PVC: 20

Protección diferencial: Relé diferencial de 20 A con sensibilidad 30mA

Interruptor General Automático: 32 A

Magnético: 5 veces intensidad Reg. Ter

Fusibles gl: 40 A, Base : 60 A

**Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:**

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(mΩ/m)	Canal./Aislam/Polar.	I.Cálculo (A)	In/Ireg (A)	In/Sens. Dif(A/mA)	Sección (mm <sup>2</sup> )	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
1	1	2	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 2 Unp.	-0,98			2x16	122,5/0,8	90
2	2	3	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 2 Unp.	-1,96			2x16	122,5/0,8	90
3	3	4	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 2 Unp.	-2,93			2x16	122,5/0,8	90
4	4	5	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 2 Unp.	-3,91			2x16	122,5/0,8	90
8	5	9	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 2 Unp.	-7,83			2x16	122,5/0,8	90
9	9	10	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 2 Unp.	-8,8			2x16	122,5/0,8	90
10	10	11	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 2 Unp.	-9,78			2x16	122,5/0,8	90
11	11	12	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 2 Unp.	-10,76			2x16	122,5/0,8	90
12	12	13	12	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 2 Unp.	1,96			2x10	94,08/0,8	90
13	13	14	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 2 Unp.	0,98			2x10	94,08/0,8	90
14	12	15	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 2 Unp.	-13,7			2x16	122,5/0,8	90
15	15	16	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 2 Unp.	-14,67			2x16	122,5/0,8	90
16	16	17	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 2 Unp.	-15,65			2x25	156,8/0,8	90
17	17	18	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 2 Unp.	-16,63			2x25	156,8/0,8	90
21	18	22	15	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 2 Unp.	-21,52			2x25	156,8/0,8	90
22	22	23	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 2 Unp.	-22,5			2x25	156,8/0,8	90
23	23	24	11	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 2 Unp.	3,91			2x16	122,5/0,8	90
24	24	25	11	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 2 Unp.	2,93			2x16	122,5/0,8	90
25	25	26	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 2 Unp.	1,96			2x16	122,5/0,8	90
26	26	27	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 2 Unp.	0,98			2x10	94,08/0,8	90
27	23	28	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 2 Unp.	-27,39			2x25	156,8/0,8	90
28	28	29	20	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 2 Unp.	-28,37			2x25	156,8/0,8	90
30	5	31	12	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 2 Unp.	2,93			2x10	94,08/0,8	90
31	31	32	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 2 Unp.	1,96			2x10	94,08/0,8	90
32	32	33	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 2 Unp.	0,98			2x10	94,08/0,8	90
30	18	31	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 2 Unp.	3,91			2x10	94,08/0,8	90
31	31	32	12	Cu	Ent.Bajo Tubo RZ1-K(AS+) 2 Unp.	2,93			2x10	94,08/0,8	90
32	32	33	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 2 Unp.	1,96			2x10	94,08/0,8	90
33	33	34	10	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 2 Unp.	0,98			2x10	94,08/0,8	90
30	29	31	12	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV 2 Unp.	-29,35			2x25	156,8/0,8	90
31	1	32	12	Cu	Ent.Bajo Tubo XLPE,0.6/1 kV Bipol.	0			2x10	86,24/0,8	90

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
1	-6,815	223,185	2,963*	(-225 W)
2	-6,771	223,229	2,944	(-225 W)
3	-6,684	223,316	2,906	(-225 W)
4	-6,553	223,447	2,849	(-225 W)
5	-6,378	223,622	2,773	(-225 W)
9	-6,029	223,971	2,621	(-225 W)

10	-5,635	224,365	2,45	(-225 W)
11	-5,308	224,692	2,308	(-225 W)
12	-5,068	224,932	2,203	(-225 W)
13	-5,152	224,848	2,24	(-225 W)
14	-5,187	224,813	2,255	(-225 W)
15	-4,456	225,544	1,938	(-225 W)
16	-3,801	226,199	1,653	(-225 W)
17	-3,354	226,646	1,458	(-225 W)
18	-2,879	227,121	1,252	(-225 W)
22	-2,418	227,582	1,051	(-225 W)
23	-2,096	227,904	0,911	(-225 W)
24	-2,192	227,808	0,953	(-225 W)
25	-2,264	227,736	0,985	(-225 W)
26	-2,352	227,648	1,023	(-225 W)
27	-2,422	227,578	1,053	(-225 W)
28	-1,314	228,686	0,571	(-225 W)
29	-0,503	229,497	0,219	(-225 W)
31	-6,504	223,496	2,828	(-225 W)
32	-6,574	223,426	2,858	(-225 W)
33	-6,609	223,391	2,873	(-225 W)
31	-3,019	226,981	1,312	(-225 W)
32	-3,144	226,856	1,367	(-225 W)
33	-3,214	226,786	1,398	(-225 W)
34	-3,249	226,751	1,413	(-225 W)
31	0	230	0	(6.750 W)
32	-6,815	223,185	2,963	(0 W)

NOTA:

- \* Nudo de mayor c.d.t.

**Caída de tensión total en los distintos itinerarios:**

- 31-29-28-23-22-18-17-16-15-12-13-14 = 2.26 %
- 31-29-28-23-24-25-26-27 = 1.05 %
- 31-29-28-23-22-18-17-16-15-12-11-10-9-5-31-32-33 = 2.87 %
- 31-29-28-23-22-18-31-32-33-34 = 1.41 %
- 31-29-28-23-22-18-17-16-15-12-11-10-9-5-4-3-2-1-32 = 2.96 %

**Cálculo de la Puesta a Tierra:**

- La resistividad del terreno es 300 ohmiosxm.
- El electrodo en la puesta a tierra, se constituye con los siguientes elementos:

- M. conductor de Cu desnudo      35 mm<sup>2</sup> 30 m.
- M. conductor de Acero galvanizado      95 mm<sup>2</sup>
  
- Picas verticales de Cobre      14 mm
- de Acero recubierto Cu      14 mm    1 picas de 2m.
- de Acero galvanizado      25 mm

Con lo que se obtendrá una Resistencia de tierra de 17,65 ohmios.

### 3. PLIEGO DE CONDICIONES

#### 3.1 Calidad de los Materiales. Condición y ejecución.

##### 3.1.1 Línea Subterránea de Alta Tensión

**Obra civil**

Las canalizaciones previstas para alojar la red de B.T. serán zanjas excavadas en el terreno según las dimensiones mostradas en los planos adjuntos.

Se tendrán en cuenta las consideraciones siguientes:

La canalización discurrirá por terrenos de dominio público bajo acera, siempre que sea posible, admitiéndose su instalación bajo la calzada en los cruces, evitando los ángulos pronunciados. Las características de la zanja serán de la forma mencionada en la Memoria Descriptiva.

### **Conductores eléctricos**

Los conductores serán de los siguientes tipos:

- De 18/30 kV de tensión nominal.

Conductor: de aluminio.

Formación: unipolares.

Aislamiento: etilenopropileno de alto gradiente HEPR.

Apantallado: hilos de cobre de sección 25mm<sup>2</sup>

Instalación: enterrado directamente.

Normativa de aplicación: proyecto tipo MT 2.31.01.

La elección del cable viene dada por el criterio de tensión máxima admisible, intensidad máxima y de cortocircuito y la potencia máxima a transportar.

### **Empalmes, terminales y accesorios**

Los empalmes que deban realizarse se ajustarán a las características del cable atendiendo a las indicaciones dadas por el fabricante.

Son válidas las mismas consideraciones para el caso de las conexiones terminales, eligiendo de tipo intemperie con difusor para la bajada subterránea en torre, y de tipo interior para la conexión en la correspondiente cabina de línea del centro de transformación.

En caso de entronque aéreo-subterráneo se tendrán en cuenta las consideraciones que marcan los proyectos tipo correspondientes:

- Debajo de la línea aérea se instalará un juego de seccionadores unipolares de intemperie de las características necesarias de acuerdo con la tensión y la intensidad nominal de cable. Asimismo, también se instalarán sistemas de protección contra sobretensiones de origen atmosférico, constituido por pararrayos autovalvulares.

- A continuación de los seccionadores se colocarán las cajas terminales de intemperie. - 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, sobresaliendo por encima del nivel del terreno al menos 2,5 m. En el tubo se alojarán las tres fases y su diámetro interior será 1,6 veces el diámetro de la terna con un mínimo de 11 cm.

Todo el material, así como el apoyo de entronque, crucetas, herrajes, grapas y aparatos de protección en general se ajustarán a lo previsto en las NI correspondientes y a las recomendaciones UNESA que correspondan a cada tipo de cable.

## **3.1.2 Centro de Transformación**

### **Obra civil**

Las envolventes empleadas en la ejecución de este proyecto cumplirán las condiciones generales prescritas en el MIE-RAT 14, Instrucción Primera del Reglamento de Seguridad en Centrales Eléctricas, en lo referente a su inaccesibilidad, pasos y accesos, conducciones y almacenamiento de fluidos combustibles y de agua, alcantarillado, canalizaciones, cuadros y pupitres de control, celdas, ventilación, paso de líneas y canalizaciones eléctricas a través de paredes, muros y tabiques. Señalización, sistemas contra incendios, alumbrados, primeros auxilios, pasillos de servicio y zonas de protección y documentación.

### **Aparamenta de Media Tensión**

Las celdas empleadas serán prefabricadas, con envolvente metálica, y que utilicen gas para cumplir dos misiones:

- Aislamiento: El aislamiento integral en gas confiere a la aparamenta sus características de resistencia al medio ambiente, bien sea a la polución del aire, a la humedad, o incluso a la eventual sumersión del centro por efecto de riadas.

Por ello, esta característica es esencial especialmente en las zonas con alta polución, en las zonas con clima agresivo (costas marítimas y zonas húmedas) y en las zonas más expuestas a riadas o entradas de agua en el centro.

- Corte: El corte en gas resulta más seguro que el aire, debido a lo explicado para el aislamiento. Igualmente, las celdas empleadas habrán de permitir la extensibilidad "in situ" del centro, de forma que sea posible añadir más líneas o cualquier otro tipo de función, sin necesidad de cambiar la aparamenta previamente existente en el centro.

### **Transformadores de potencia**

El transformador o transformadores instalados en este Centro de Transformación serán trifásicos, con neutro accesible en el secundario y demás características según lo indicado en la Memoria en los apartados correspondientes a potencia, tensiones primarias y secundarias, regulación en el primario, grupo de conexión, tensión de cortocircuito y protecciones propias del transformador.

Estos transformadores se instalarán, en caso de incluir un líquido refrigerante, sobre una plataforma ubicada encima de un foso de recogida, de forma que en caso de que se derrame e incendio, el fuego quede confinado en la celda del transformador, sin difundirse por los pasos de cable ni otras aberturas al resto del Centro de Transformación, si estos son de maniobra interior (tipo caseta).

Los transformadores, para mejor ventilación, estarán situados en la zona de flujo natural de aire, de forma que la entrada de aire esté situada en la parte inferior de las paredes adyacentes al mismo y las salidas de aire en la zona superior de esas paredes.

### **Equipos de medida**

Al tratarse de un Centro para distribución público, no se incorpora medida de energía en MT, por lo que ésta se efectuará en las condiciones establecidas en cada uno de los ramales en el punto de derivación hacia cada cliente en BT, atendiendo a lo especificado en el Reglamento de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.

- Puesta en servicio

El personal encargado de realizar las maniobras estará debidamente autorizado y adiestrado.

Las maniobras se realizarán en el siguiente orden: primero se conectará el interruptor/seccionador de entrada, si lo hubiere. A continuación se conectará la

aparata de conexión siguiente hasta llegar al transformador, con lo cual tendremos a éste trabajando para hacer las comprobaciones oportunas.

Una vez realizadas las maniobras de MT, procederemos a conectar la red de BT.

- Separación de servicio

Estas maniobras se ejecutarán en sentido inverso a las realizadas en la puesta en servicio y no se darán por finalizadas mientras no esté conectado el seccionador de puesta a tierra.

- Mantenimiento

Para dicho mantenimiento se tomarán las medidas oportunas para garantizar la seguridad del personal. Este mantenimiento consistirá en la limpieza, engrasado y verificado de los componentes fijos y móviles de todos aquellos elementos que fuese necesario.

Las celdas tipo CGMcosmos de ORMAZABAL, empleadas en la instalación, no necesitan mantenimiento interior, al estar aislada su aparata interior en gas, evitando de esta forma el deterioro de los circuitos principales de la instalación.

### 3.1.3 Instalaciones de Baja Tensión

#### Conductores eléctricos

Los conductores serán de los siguientes tipos:

- De 450/750 V de tensión nominal.

Conductor: de cobre.

Formación: unipolares.

Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC).

Tensión de prueba: 2.500 V.

Instalación: falso techo, empotrados en obra o huecos de obra.

Normativa de aplicación: UNE 21.031.

- De 0,6/1 kV de tensión nominal.

Conductor: de cobre.

Formación: uni-bi-tri-tetrapolares.

Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC) o polietileno reticulado (XLPE).

Tensión de prueba: 4.000 V.

Instalación: enterrado bajo tubo.

Normativa de aplicación: UNE 21.123.

Para la selección de los conductores activos del cable adecuado a cada carga se usará el más desfavorable entre los siguientes criterios:

- Intensidad máxima admisible. Como intensidad se tomará la propia de cada carga. Partiendo de las intensidades nominales así establecidas, se elegirá la sección del cable que admita esa intensidad de acuerdo a las prescripciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión ITC-BT- 19 o las recomendaciones del fabricante, adoptando los oportunos coeficientes correctores según las condiciones de la instalación. En cuanto a coeficientes de mayoración de la carga, se deberán tener presentes las Instrucciones ITCBT- 44 para receptores de alumbrado e ITC-BT-47 para receptores de motor.

- Caída de tensión en servicio. La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización, sea menor del 3 % de la tensión nominal en el origen de la instalación, para

alumbrado, y del 5 % para los demás usos, considerando alimentados todos los receptores susceptibles de funcionar simultáneamente.

Para la derivación individual la caída de tensión máxima admisible será del 1,5 %. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de la derivación individual, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas.

- Caída de tensión transitoria. La caída de tensión en todo el sistema durante el arranque de motores no debe provocar condiciones que impidan el arranque de los mismos, desconexión de los contactores, parpadeo de alumbrado, etc.

Los cables se colocarán dentro de tubos o canales, fijados directamente sobre las paredes, enterrados, directamente empotrados en estructuras, en el interior de huecos de la construcción, bajo molduras, en bandeja o soporte de bandeja, según se indica en Memoria, Planos y Cálculos Justificativos.

### **Canalizaciones**

Los tubos protectores pueden ser:

- Tubo y accesorios metálicos.
- Tubo y accesorios no metálicos.
- Tubo y accesorios compuestos (constituidos por materiales metálicos y no metálicos).

Los tubos se clasifican según lo dispuesto en las normas siguientes:

- UNE-EN 50.086 -2-1: Sistemas de tubos rígidos.
- UNE-EN 50.086 -2-2: Sistemas de tubos curvables.
- UNE-EN 50.086 -2-3: Sistemas de tubos flexibles.
- UNE-EN 50.086 -2-4: Sistemas de tubos enterrados.

Las características de protección de la unión entre el tubo y sus accesorios no deben ser inferiores a los declarados para el sistema de tubos. La superficie interior de los tubos no deberá presentar en ningún punto aristas, asperezas o fisuras susceptibles de dañar los conductores o cables aislados o de causar heridas a instaladores o usuarios.

Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada utilizados en las instalaciones eléctricas son las que se prescriben en la UNE-EN 60.423. Para los tubos enterrados, las dimensiones se corresponden con las indicadas en la norma UNE-EN 50.086 -2-4. Para el resto de los tubos, las dimensiones serán las establecidas en la norma correspondiente de las citadas anteriormente. La denominación se realizará en función del diámetro exterior. El diámetro interior mínimo deberá ser declarado por el fabricante.

En lo relativo a la resistencia a los efectos del fuego considerados en la norma particular para cada tipo de tubo, se seguirá lo establecido por la aplicación de la Directiva de Productos de la Construcción (89/106/CEE).

### **Tubos en canalizaciones empotradas**

En las canalizaciones empotradas, los tubos protectores podrán ser rígidos, curvables o flexibles, con unas características mínimas indicadas a continuación:

- Tubos empotrados en obras de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción o canales protectoras de obra.

<u>Característica</u>	<u>Código</u>	<u>Grado</u>
- Resistencia a la compresión	2	Ligera
- Resistencia al impacto	2	Ligera
- Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5 °C
- Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+ 60 °C
- Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera especificadas
- Propiedades eléctricas	0	No declaradas
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos $D \geq 1$ mm
- Resistencia a la penetración del agua cayendo	2	Contra gotas de agua está inclinado $15^\circ$
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior y exterior media
- Resistencia a la tracción	0	No declarada
- Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
- Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

### **Tubos en canalizaciones enterradas.**

Las características mínimas de los tubos enterrados serán las siguientes:

<u>Característica</u>	<u>Código</u>	<u>Grado</u>
- Resistencia a la compresión	NA	250 N / 450 N / 750 N
- Resistencia al impacto	NA	Ligero / Normal / Normal
- Temperatura mínima de instalación y servicio	NA	NA
- Temperatura máxima de instalación y servicio	NA	NA
- Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera especificadas
- Propiedades eléctricas	0	No declaradas
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos $D \geq 1$ mm
- Resistencia a la penetración del agua	3	Contra el agua
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior y exterior
- Resistencia a la tracción	0	No declarada
- Resistencia a la propagación de la llama	0	No declarada
- Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

NA: No aplicable

Para tubos embebidos en hormigón aplica 250 N y grado Ligero; para tubos en suelo ligero aplica 450 N y grado Normal; para tubos en suelos pesados aplica 750 N y grado Normal.

Se considera suelo ligero aquel suelo uniforme que no sea del tipo pedregoso y con cargas superiores ligeras, como por ejemplo, aceras, parques y jardines. Suelo pesado es aquel del tipo pedregoso y duro y con cargas superiores pesadas, como por ejemplo, calzadas y vías férreas.

### **Instalación**

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en la ITC-BT-21, así como las características mínimas según el tipo de instalación.

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o

paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.

- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.
- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.
- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.
- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se instalen en montaje superficial, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.

- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.

- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.

- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.

- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.

- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.

- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

### **Conductores Aislados Enterrados**

Las condiciones para estas canalizaciones, en las que los conductores aislados deberán ir bajo tubo salvo que tengan cubierta y una tensión asignada 0,6/1kV, se establecerán de acuerdo con lo señalado en la Instrucciones ITC-BT-07 e ITC-BT-21.

### **Conductores Aislados en el Interior de la Construcción**

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.

Los huecos en la construcción admisibles para estas canalizaciones podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos o bien estarán comprendidos entre dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire.

La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.

Las paredes que separen un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, tendrán suficiente solidez para proteger éstas contra acciones previsibles.

Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.

La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones.

Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.

Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquella en partes bajas del hueco, etc.

### **Normas de Instalación en presencia de otras canalizaciones no eléctricas**

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y, por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

### **Accesibilidad a las Instalaciones**

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

En toda la longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas o envolventes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc, instalados en los locales húmedos o mojados, serán de material aislante.

### **Conductores de Protección**

La sección del conductor neutro será la especificada en la Instrucción ITC-BT-07, apartado 1, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada por la tabla 2 de la ITCBT- 18, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación. Se podrán instalar por las mismas canalizaciones que éstos o bien en forma independiente, siguiéndose a este respecto lo que señalen las normas particulares de la empresa distribuidora de la energía.

## Identificación de los Conductores

Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que por conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

## Cajas de Empalme y Derivación

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material plástico resistente incombustible o metálicas, en cuyo caso estarán aisladas interiormente y protegidas contra la oxidación. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será igual, por lo menos, a una vez y media el diámetro del tubo mayor, con un mínimo de 40 mm; el lado o diámetro de la caja será de al menos 80 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas adecuados. En ningún caso se permitirá la unión de conductores, como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión.

Los conductos se fijarán firmemente a todas las cajas de salida, de empalme y de paso, mediante contratuercas y casquillos. Se tendrá cuidado de que quede al descubierto el número total de hilos de rosca al objeto de que el casquillo pueda ser perfectamente apretado contra el extremo del conducto, después de lo cual se apretará la contratuerca para poner firmemente el casquillo en contacto eléctrico con la caja.

Los conductos y cajas se sujetarán por medio de pernos de fiador en ladrillo hueco, por medio de pernos de expansión en hormigón y ladrillo macizo y clavos Split sobre metal. Los pernos de fiador de tipo tornillo se usarán en instalaciones permanentes, los de tipo de tuerca cuando se precise desmontar la instalación, y los pernos de expansión serán de apertura efectiva. Serán de construcción sólida y capaces de resistir una tracción mínima de 20 kg. No se hará uso de clavos por medio de sujeción de cajas o conductos.

## Aparatos de Mando, Maniobra y Protección

### Cuadros Eléctricos

Todos los cuadros eléctricos serán nuevos y se entregarán en obra sin ningún defecto. Estarán diseñados siguiendo los requisitos de estas especificaciones y se construirán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

Cada circuito en salida de cuadro estará protegido contra las sobrecargas y cortocircuitos. La protección contra corrientes de defecto hacia tierra se hará por circuito o grupo de circuitos según se indica en el proyecto, mediante el empleo de interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada, según ITC-BT-24.

Los cuadros serán adecuados para trabajo en servicio continuo. Las variaciones máximas admitidas de tensión y frecuencia serán del + 5 % sobre el valor nominal.

Los cuadros serán diseñados para servicio interior, completamente estancos al polvo y la humedad, ensamblados y cableados totalmente en fábrica, y estarán constituidos por una estructura metálica de perfiles laminados en frío, adecuada para el montaje sobre el suelo, y paneles de cerramiento de chapa de acero de fuerte espesor, o de cualquier otro material que sea mecánicamente resistente y no inflamable.

Alternativamente, la cabina de los cuadros podrá estar constituida por módulos de material plástico, con la parte frontal transparente.

Las puertas estarán provistas con una junta de estanquidad de neopreno o material similar, para evitar la entrada de polvo.

Todos los cables se instalarán dentro de canaletas provista de tapa desmontable. Los cables de fuerza irán en canaletas distintas en todo su recorrido de las canaletas para los cables de mando y control.

Los aparatos se montarán dejando entre ellos y las partes adyacentes de otros elementos una distancia mínima igual a la recomendada por el fabricante de los aparatos, en cualquier caso nunca inferior a la cuarta parte de la dimensión del aparato en la dirección considerada.

La profundidad de los cuadros será de 500 mm y su altura y anchura la necesaria para la colocación de los componentes e igual a un múltiplo entero del módulo del fabricante. Los cuadros estarán diseñados para poder ser ampliados por ambos extremos.

Los aparatos indicadores (lámparas, amperímetros, voltímetros, etc), dispositivos de mando (pulsadores, interruptores, conmutadores, etc), paneles sinópticos, etc, se montarán sobre la parte frontal de los cuadros.

Todos los componentes interiores, aparatos y cables, serán accesibles desde el exterior por el frente.

El cableado interior de los cuadros se llevará hasta una regleta de bornas situada junto a las entradas de los cables desde el exterior.

Las partes metálicas de la envoltura de los cuadros se protegerán contra la corrosión por medio de una imprimación a base de dos manos de pintura anticorrosiva y una pintura de acabado de color que se especifique en las Mediciones o, en su defecto, por la Dirección Técnica durante el transcurso de la instalación.

La construcción y diseño de los cuadros deberán proporcionar seguridad al personal y garantizar un perfecto funcionamiento bajo todas las condiciones de servicio, y en particular:

- los compartimentos que hayan de ser accesibles para accionamiento o mantenimiento estando el cuadro en servicio no tendrán piezas en tensión al descubierto.

- el cuadro y todos sus componentes serán capaces de soportar las corrientes de cortocircuito (kA) según especificaciones reseñadas en planos y mediciones.

#### Interruptores Automáticos

En el origen de la instalación y lo más cerca posible del punto de alimentación a la misma, se colocará el cuadro general de mando y protección, en el que se dispondrá un interruptor general de corte omnipolar, así como dispositivos de protección contra sobrecorrientes de cada uno de los circuitos que parten de dicho cuadro.

La protección contra sobreintensidades para todos los conductores (fases y neutro) de cada circuito se hará con interruptores magnetotérmicos o automáticos de corte omnipolar, con curva térmica de corte para la protección a sobrecargas y sistema de corte electromagnético para la protección a cortocircuitos.

En general, los dispositivos destinados a la protección de los circuitos se instalarán en el origen de éstos, así como en los puntos en que la intensidad admisible disminuya por cambios debidos a sección, condiciones de instalación, sistema de ejecución o tipo de conductores utilizados. No obstante, no se exige instalar dispositivos de protección en el origen de un circuito en que se presente una disminución de la intensidad admisible en el mismo, cuando su protección quede asegurada por otro dispositivo instalado anteriormente.

Los interruptores serán de ruptura al aire y de disparo libre y tendrán un indicador de posición. El accionamiento será directo por polos con mecanismos de cierre por energía acumulada. El accionamiento será manual o manual y eléctrico, según se indique en el esquema o sea necesario por necesidades de automatismo. Llevarán marcadas la intensidad y tensión nominales de funcionamiento, así como el signo indicador de su desconexión.

El interruptor de entrada al cuadro, de corte omnipolar, será selectivo con los interruptores situados aguas abajo, tras él. Los dispositivos de protección de los interruptores serán relés de acción directa.

## **FUSIBLES**

Los fusibles serán de alta capacidad de ruptura, limitadores de corriente y de acción lenta cuando vayan instalados en circuitos de protección de motores.

Los fusibles de protección de circuitos de control o de consumidores óhmicos serán de alta capacidad ruptura y de acción rápida.

Se dispondrán sobre material aislante e incombustible, y estarán contruidos de tal forma que no se pueda proyectar metal al fundirse. Llevarán marcadas la intensidad y tensión nominales de trabajo.

No serán admisibles elementos en los que la reposición del fusible pueda suponer un peligro de accidente. Estará montado sobre una empuñadura que pueda ser retirada fácilmente de la base.

## **INTERRUPTORES DIFERENCIALES**

La protección contra contactos directos se asegurará adoptando las siguientes medidas:

### Protección por aislamiento de las partes activas.

Las partes activas deberán estar recubiertas de un aislamiento que no pueda ser eliminado más que destruyéndolo.

### Protección por medio de barreras o envolventes.

Las partes activas deben estar situadas en el interior de las envolventes o detrás de barreras que posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE20.324. Si se necesitan aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales domésticos toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.

Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles, deben responder como mínimo al grado de protección IP4X o IP XXD.

Las barreras o envolventes deben fijarse de manera segura y ser de una robustez y durabilidad suficientes para mantener los grados de protección exigidos, con una separación suficiente de las partes activas en las condiciones normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.

Cuando sea necesario suprimir las barreras, abrir las envolventes o quitar partes de éstas, esto no debe ser posible más que:

- bien con la ayuda de una llave o de una herramienta;
- o bien, después de quitar la tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o estas envolventes, no pudiendo ser restablecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o las envolventes;
- o bien, si hay interpuesta una segunda barrera que posee como mínimo el grado de protección IP2X o IP XXB, que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una llave o de una herramienta y que impida todo contacto con las partes activas.

#### Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual.

Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos.

El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

La protección contra contactos indirectos se conseguirá mediante "corte automático de la alimentación". Esta medida consiste en impedir, después de la aparición de un fallo, que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar como resultado un riesgo. La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales y a 24 V en locales húmedos.

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra. El punto neutro de cada generador o transformador debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_a \times I_a < U$$

donde:

- $R_a$  es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
- $I_a$  es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.
- $U$  es la tensión de contacto límite convencional (50 ó 24V).

## **SECCIONADORES**

Los seccionadores en carga serán de conexión y desconexión brusca, ambas independientes de la acción del operador.

Los seccionadores serán adecuados para servicio continuo y capaz de abrir y cerrar la corriente nominal a tensión nominal con un factor de potencia igual o inferior a 0,7.

### **EMBARRADOS**

El embarrado principal constará de tres barras para las fases y una, con la mitad de la sección de las fases, para el neutro. La barra de neutro deberá ser seccionable a la entrada del cuadro.

Las barras serán de cobre electrolítico de alta conductividad y adecuadas para soportar la intensidad de plena carga y las corrientes de cortocircuito que se especifiquen en memoria y planos.

Se dispondrá también de una barra independiente de tierra, de sección adecuada para proporcionar la puesta a tierra de las partes metálicas no conductoras de los aparatos, la carcasa del cuadro y, si los hubiera, los conductores de protección de los cables en salida

### **PRENSAESTOPAS Y ETIQUETAS**

Los cuadros irán completamente cableados hasta las regletas de entrada y salida.

Se proveerán prensaestopas para todas las entradas y salidas de los cables del cuadro; los prensaestopas serán de doble cierre para cables armados y de cierre sencillo para cables sin armar.

Todos los aparatos y bornes irán debidamente identificados en el interior del cuadro mediante números que correspondan a la designación del esquema. Las etiquetas serán marcadas de forma indeleble y fácilmente legible.

En la parte frontal del cuadro se dispondrán etiquetas de identificación de los circuitos, constituidas por placas de chapa de aluminio firmemente fijadas a los paneles frontales, impresos al horno, con fondo negro mate y letreros y zonas de estampación en aluminio pulido. El fabricante podrá adoptar cualquier solución para el material de las etiquetas, su soporte y la impresión, con tal de que sea duradera y fácilmente legible.

## **3.1.4 Instalaciones del Alumbrado Público**

### **CAPITULO I: MATERIALES.**

#### **Artículo 3. Norma General.**

Todos los materiales empleados, de cualquier tipo y clase, aún los no relacionados en este Pliego, deberán ser de primera calidad.

#### **Artículo 4. Conductores.**

Serán de las secciones que se especifican en los planos y memoria.

Todos los cables serán multipolares o unipolares con conductores de cobre y tensión asignada 0,6/1 kV. La resistencia de aislamiento y la rigidez dieléctrica cumplirán lo establecido en el apartado 2.9 de la ITC-BT-19.

El Contratista informará por escrito a la Dirección Técnica, del nombre del fabricante de los conductores y le enviará una muestra de los mismos. Si el fabricante no reuniese la suficiente garantía a juicio de la Dirección Técnica, antes de instalar los conductores se

comprobarán las características de éstos en un Laboratorio Oficial. Las pruebas se reducirán al cumplimiento de las condiciones anteriormente expuestas.

No se admitirán cables que no tengan la marca grabada en la cubierta exterior, que presente desperfectos superficiales o que no vayan en las bobinas de origen.

No se permitirá el empleo de conductores de procedencia distinta en un mismo circuito.

En las bobinas deberá figurar el nombre del fabricante, tipo de cable y sección.

#### Artículo 5. Lámparas.

Se utilizarán el tipo y potencia de lámparas especificadas en memoria y planos. El fabricante deberá ser de reconocida garantía.

El bulbo exterior será de vidrio extraduro y las lámparas solo se montarán en la posición recomendada por el fabricante.

El consumo, en vatios, no debe exceder del +10% del nominal si se mantiene la tensión dentro del +- 5% de la nominal.

La fecha de fabricación de las lámparas no será anterior en seis meses a la de montaje en obra.

#### Artículo 6. Reactancias y condensadores.

Serán las adecuadas a las lámparas. Su tensión será de 230 V.

Sólo se admitirán las reactancias y condensadores procedentes de una fábrica conocida y con gran solvencia en el mercado.

Llevarán inscripciones en las que se indique el nombre o marca del fabricante, la tensión o tensiones nominales en voltios, la intensidad nominal en amperios, la frecuencia en hertzios, el factor de potencia y la potencia nominal de la lámpara o lámparas para las cuales han sido previstos.

Si las conexiones se efectúan mediante bornes, regletas o terminales, deben fijarse de tal forma que no podrán soltarse o aflojarse al realizar la conexión o desconexión. Los terminales, bornes o regletas no deben servir para fijar ningún otro componente de la reactancia o condensador.

Las máximas pérdidas admisibles en el equipo de alto factor serán las siguientes:

v.s.b.p.	18 W: 8 W.
v.s.b.p.	35 W: 12 W.
v.s.a.p.	70 W: 13 W.
v.s.a.p.	150 W: 20 W.
v.s.a.p.	250 W: 25 W.
v.m.c.c.	80 W: 12 W.
v.m.c.c.	125 W: 14 W.
v.m.c.c.	250 W: 20 W.

La reactancia alimentada a la tensión nominal, suministrará una corriente no superior al 5%, ni inferior al 10% de la nominal de la lámpara.

La capacidad del condensador debe quedar dentro de las tolerancias indicadas en las placas de características.

Durante el funcionamiento del equipo de alto factor no se producirán ruidos, ni vibraciones de ninguna clase.

En los casos que las luminarias no lleven el equipo incorporado, se utilizará una caja que contenga los dispositivos de conexión, protección y compensación.

#### Artículo 7. Protección contra cortocircuitos.

Cada punto de luz llevará dos cartuchos A.P.R. de 6 A., los cuales se montarán en portafusibles seccionables de 20 A.

#### Artículo 8. Cajas de empalme y derivación.

Estarán provistas de fichas de conexión y serán como mínimo P-549, es decir, con protección contra el polvo (5), contra las proyecciones de agua en todas direcciones (4) y contra una energía de choque de 20 julios (9).

#### Artículo 9. Brazos murales.

Serán galvanizados, con un peso de cinc no inferior a 0,4 kg/m<sup>2</sup>.

Las dimensiones serán como mínimo las especificadas en el proyecto, pero en cualquier caso resistirán sin deformación una carga que estará en función del peso de la luminaria, según los valores adjuntos. Dicha carga se suspenderá en el extremo donde se coloca la luminaria:

<u>Peso de la luminaria (kg)</u>	<u>Carga vertical (kg)</u>
1	5
2	6
3	8
4	10
5	11
6	13
8	15
10	18
12	21
14	24

Los medios de sujeción, ya sean placas o garras, también serán galvanizados.

En los casos en que los brazos se coloquen sobre apoyos de madera, la placa tendrá una forma tal que se adapte a la curvatura del apoyo.

En los puntos de entrada de los conductores se colocará una protección suplementaria de material aislante a base de anillos de protección de PVC.

#### Artículo 10. Báculos y columnas.

Serán galvanizados, con un peso de cinc no inferior a 0,4 kg/m<sup>2</sup>.

Estarán contruidos en chapa de acero, con un espesor de 2,5 mm. cuando la altura útil no sea superior a 7 m. y de 3 mm. para alturas superiores.

Los báculos resistirán sin deformación una carga de 30 kg. suspendido en el extremo donde se coloca la luminaria, y las columnas o báculos resistirán un esfuerzo horizontal de acuerdo con los valores adjuntos, en donde se señala la altura de aplicación a partir de la

superficie del suelo:

<u>Altura (m.)</u>	<u>Fuerza horizontal (kg)</u>	<u>Altura de aplicación (m.)</u>
6	50	3
7	50	4
8	70	4
9	70	5
10	70	6
11	90	6
12	90	7

En cualquier caso, tanto los brazos como las columnas y los báculos, resistirán las solicitaciones previstas en la ITC-BT-09, apdo. 6.1, con un coeficiente de seguridad no inferior a 2,5 particularmente teniendo en cuenta la acción del viento.

No deberán permitir la entrada de lluvia ni la acumulación de agua de condensación.

Las columnas y báculos deberán poseer una abertura de acceso para la manipulación de sus elementos de protección y maniobra, por lo menos a 0,30 m. del suelo, dotada de una puerta o trampilla con grado de protección contra la proyección de agua, que sólo se pueda abrir mediante el empleo de útiles especiales.

Cuando por su situación o dimensiones, las columnas o báculos fijados o incorporados a obras de fábrica no permitan la instalación de los elementos de protección o maniobra en la base, podrán colocarse éstos en la parte superior, en lugar apropiado, o en la propia obra de fábrica.

Las columnas y báculos llevarán en su parte interior y próximo a la puerta de registro, un tornillo con tuerca para fijar la terminal de la pica de tierra.

#### Artículo 11. Luminarias.

Las luminarias cumplirán, como mínimo, las condiciones de las indicadas como tipo en el proyecto, en especial en:

- tipo de portalámpara.
- características fotométricas (curvas similares).
- resistencia a los agentes atmosféricos.
- facilidad de conservación e instalación.
- estética.
- facilidad de reposición de lámpara y equipos.
- condiciones de funcionamiento de la lámpara, en especial la temperatura (refrigeración, protección contra el frío o el calor, etc).
- protección, a lámpara y accesorios, de la humedad y demás agentes atmosféricos.
- protección a la lámpara del polvo y de efectos mecánicos.

#### Artículo 12. Cuadro de maniobra y control.

Los armarios serán de poliéster con departamento separado para el equipo de medida, y como mínimo IP-549, es decir, con protección contra el polvo (5), contra las proyecciones del agua en todas las direcciones (4) y contra una energía de choque de 20 julios (9).

Todos los aparatos del cuadro estarán fabricados por casas de reconocida garantía y preparados para tensiones de servicio no inferior a 500 V.

Los fusibles serán APR, con bases apropiadas, de modo que no queden accesibles partes en tensión, ni sean necesarias herramientas especiales para la reposición de los cartuchos.

El calibre será exactamente el del proyecto.

Los interruptores y conmutadores serán rotativos y provistos de cubierta, siendo las dimensiones de sus piezas de contacto suficientes para que la temperatura en ninguna de ellas pueda exceder de 65°C, después de funcionar una hora con su intensidad nominal. Su construcción ha de ser tal que permita realizar un mínimo de maniobras de apertura y cierre, del orden de 10.000, con su carga nominal a la tensión de trabajo sin que se produzcan desgastes excesivos o averías en los mismos.

Los contactores estarán probados a 3.000 maniobras por hora y garantizados para cinco millones de maniobras, los contactos estarán recubiertos de plata. La bobina de tensión tendrá una tensión nominal de 400 V., con una tolerancia del +- 10 %. Esta tolerancia se entiende en dos sentidos: en primer lugar conectarán perfectamente siempre que la tensión varíe entre dichos límites, y en segundo lugar no se producirán calentamientos excesivos cuando la tensión se eleve indefinidamente un 10% sobre la nominal. La elevación de la temperatura de las piezas conductoras y contactos no podrá exceder de 65°C después de funcionar una hora con su intensidad nominal. Asimismo, en tres interrupciones sucesivas, con tres minutos de intervalo, de una corriente con la intensidad correspondiente a la capacidad de ruptura y tensión igual a la nominal, no se observarán arcos prolongados, deterioro en los contactos, ni averías en los elementos constitutivos del contactor.

En los interruptores horarios no se consideran necesarios los dispositivos astronómicos. El volante o cualquier otra pieza serán de materiales que no sufran deformaciones por la temperatura ambiente. La cuerda será eléctrica y con reserva para un mínimo de 36 horas. Su intensidad nominal admitirá una sobrecarga del 20 % y la tensión podrá variar en un +- 20%. Se rechazará el que adelante o atrase más de cinco minutos al mes.

Los interruptores diferenciales estarán dimensionados para la corriente de fuga especificada en proyecto, pudiendo soportar 20.000 maniobras bajo la carga nominal. El tiempo de respuestas no será superior a 30 ms y deberán estar provistos de botón de prueba.

La célula fotoeléctrica tendrá alimentación a 230 V. +- 15%, con regulación de 20 a 200 lux.

Todo el resto de pequeño material será presentado previamente a la Dirección Técnica, la cual estimará si sus condiciones son suficientes para su instalación.

#### Artículo 13. Protección de bajantes.

Se realizará en tubo de hierro galvanizado de 2" diámetro, provista en su extremo superior de un capuchón de protección de P.V.C., a fin de lograr estanquidad, y para evitar el rozamiento de los conductores con las aristas vivas del tubo, se utilizará un anillo de protección de P.V.C. La sujeción del tubo a la pared se realizará mediante accesorios compuestos por dos piezas, vástago roscado para empotrar y soporte en chapa plastificado de tuerca incorporada, provisto de cierre especial de seguridad de doble plegado.

#### Artículo 14. Tubería para canalizaciones subterráneas.

Se utilizará exclusivamente tubería de PVC rígida de los diámetros especificados en el proyecto.

#### Artículo 15. Cable fiador.

Se utilizará exclusivamente cable espiral galvanizado reforzado, de composición 1x19+0,

de 6 mm. de diámetro, en acero de resistencia 140 kg/mm<sup>2</sup>, lo que equivale a una carga de rotura de 2.890 kg.

En las bobinas deberá figurar el nombre del fabricante, tipo del cable y diámetro.

## **CAPITULO II: EJECUCION.**

### **CAPITULO II-A: CONDUCCIONES SUBTERRANEAS.**

#### **ZANJAS**

##### **Artículo 17. Excavación y relleno.**

Las zanjas no se excavarán hasta que vaya a efectuarse la colocación de los tubos protectores, y en ningún caso con antelación superior a ocho días. El contratista tomará las disposiciones convenientes para dejar el menor tiempo posible abierto las excavaciones con objeto de evitar accidentes.

Si la causa de la constitución del terreno o por causas atmosféricas las zanjas amenazasen derrumbarse, deberán ser entibadas, tomándose las medidas de seguridad necesarias para evitar el desprendimiento del terreno y que éste sea arrastrado por las aguas.

En el caso en que penetrase agua en las zanjas, ésta deberá ser achicada antes de iniciar el relleno.

El fondo de las zanjas se nivelará cuidadosamente, retirando todos los elementos puntiagudos o cortantes. Sobre el fondo se depositará la capa de arena que servirá de asiento a los tubos.

En el relleno de las zanjas se emplearán los productos de las excavaciones, salvo cuando el terreno sea rocoso, en cuyo caso se utilizará tierra de otra procedencia. Las tierras de relleno estarán libres de raíces, fangos y otros materiales que sean susceptibles de descomposición o de dejar huecos perjudiciales. Después de rellenar las zanjas se apisonarán bien, dejándolas así algún tiempo para que las tierras vayan asentándose y no exista peligro de roturas posteriores en el pavimento, una vez que se haya repuesto.

La tierra sobrante de las excavaciones que no pueda ser utilizada en el relleno de las zanjas, deberá quitarse allanando y limpiando el terreno circundante. Dicha tierra deberá ser transportada a un lugar donde al depositarle no ocasione perjuicio alguno.

##### **Artículo 18. Colocación de los tubos.**

Los conductos protectores de los cables serán conformes a la ITC-BT-21, tabla 9.

Los tubos descansarán sobre una capa de arena de espesor no inferior a 5 cm. La superficie exterior de los tubos quedará a una distancia mínima de 46 cm. por debajo del suelo o pavimento terminado.

Se cuidará la perfecta colocación de los tubos, sobre todo en las juntas, de manera que no queden cantos vivos que puedan perjudicar la protección del cable.

Los tubos se colocarán completamente limpios por dentro, y durante la obra se cuidará de que no entren materias extrañas.

A unos 25 cm por encima de los tubos y a unos 10 cm por debajo del nivel del suelo se situará la cinta señalizadora.

### Artículo 19. Cruces con canalizaciones o calzadas.

En los cruces con canalizaciones eléctricas o de otra naturaleza (agua, gas, etc.) y de calzadas de vías con tránsito rodado, se rodearán los tubos de una capa de hormigón en masa con un espesor mínimo de 10 cm.

En los cruces con canalizaciones, la longitud de tubo a hormigonar será, como mínimo, de 1 m. a cada lado de la canalización existente, debiendo ser la distancia entre ésta y la pared exterior de los tubos de 15 cm. por lo menos.

Al hormigonar los tubos se pondrá un especial cuidado para impedir la entrada de lechadas de cemento dentro de ellos, siendo aconsejable pegar los tubos con el producto apropiado.

### CIMENTACION DE BACULOS Y COLUMNAS

#### Artículo 20. Excavación.

Se refiere a la excavación necesaria para los macizos de las fundaciones de los báculos y columnas, en cualquier clase de terreno.

Esta unidad de obra comprende la retirada de la tierra y relleno de la excavación resultante después del hormigonado, agotamiento de aguas, entibado y cuantos elementos sean en cada caso necesarios para su ejecución.

Las dimensiones de las excavaciones se ajustarán lo más posible a las dadas en el proyecto o en su defecto a las indicadas por la Dirección Técnica. Las paredes de los hoyos serán verticales. Si por cualquier otra causa se originase un aumento en el volumen de la excavación, ésta sería por cuenta del contratista, certificándose solamente el volumen teórico.

En terrenos inclinados, se efectuará una explanación del terreno. Como regla general se estipula que la profundidad de la excavación debe referirse al nivel medio antes citado. La explanación se prolongará hasta 30 cm., como mínimo, por fuera de la excavación prolongándose después con el talud natural de la tierra circundante.

Si a causa de la constitución del terreno o por causas atmosféricas los fosos amenazasen derrumbarse, deberán ser entibados, tomándose las medidas de seguridad necesarias para evitar el desprendimiento del terreno y que éste sea arrastrado por las aguas.

En el caso de que penetrase agua en los fosos, ésta deberá ser achicada antes del relleno de hormigón.

La tierra sobrante de las excavaciones que no pueda ser utilizada en el relleno de los fosos, deberá quitarse allanando y limpiando el terreno que lo circunda. Dicha tierra deberá ser transportada a un lugar donde al depositarla no ocasione perjuicio alguno.

Se prohíbe el empleo de aguas que procedan de ciénagas, o estén muy cargadas de sales carbonosas o selenitosas.

### HORMIGON

El amasado de hormigón se efectuará en hormigonera o a mano, siendo preferible el primer procedimiento; en el segundo caso se hará sobre chapa metálica de suficientes dimensiones para evitar se mezcle con tierra y se procederá primero a la elaboración del mortero de cemento y arena, añadiéndose a continuación la grava, y entonces se le dará una vuelta a la mezcla, debiendo quedar ésta de color uniforme; si así no ocurre, hay que volver a dar otras vueltas hasta conseguir la uniformidad; una vez conseguida se añadirá

a continuación el agua necesaria antes de verter al hoyo.

Se empleará hormigón cuya dosificación sea de 200 kg/m<sup>3</sup>. La composición normal de la mezcla será:

Cemento: 1  
Arena: 3  
Grava: 6

La dosis de agua no es un dato fijo, y varía según las circunstancias climatológicas y los áridos que se empleen.

El hormigón obtenido será de consistencia plástica, pudiéndose comprobar su docilidad por medio del cono de Abrams. Dicho cono consiste en un molde tronco-cónico de 30 cm. de altura y bases de 10 y 20 cm. de diámetro. Para la prueba se coloca el molde apoyado por su base mayor, sobre un tablero, llenándolo por su base menor, y una vez lleno de hormigón y enrasado se levanta dejando caer con cuidado la masa. Se mide la altura "H" del hormigón formado y en función de ella se conoce la consistencia:

<u>Consistencia</u>	<u>H (cm.)</u>
Seca	30 a 28
Plástica	28 a 20
Blanda	20 a 15
Fluida	15 a 10

En la prueba no se utilizará árido de más de 5 cm.

#### OTROS TRABAJOS

##### Artículo 22. Transporte e izado de báculos y columnas.

Se emplearán los medios auxiliares necesarios para que durante el transporte no sufran las columnas y báculos deterioro alguno.

El izado y colocación de los báculos y columnas se efectuará de modo que queden perfectamente aplomados en todas las direcciones.

Las tuercas de los pernos de fijación estarán provistas de arandelas.

La fijación definitiva se realizará a base de contratueras, nunca por graneteo. Terminada esta operación se rematará la cimentación con mortero de cemento.

##### Artículo 23. Arquetas de registro.

Serán de las dimensiones especificadas en el proyecto, dejando como fondo la tierra original a fin de facilitar el drenaje.

El marco será de angular 45x45x5 y la tapa, prefabricada, de hormigón de Rk= 160 kg/cm<sup>2</sup>, armado con diámetro 10 o metálica y marco de angular 45x45x5. En el caso de aceras con terrazo, el acabado se realizará fundiendo losas de idénticas características.

Cuando no existan aceras, se rodeará el conjunto arqueta-cimentación con bordillos de 25x15x12 prefabricados de hormigón, debiendo quedar la rasante a 12 cm. sobre el nivel del terreno natural.

##### Artículo 24. Tendido de los conductores.

El tendido de los conductores se hará con sumo cuidado, evitando la formación de cocas y torceduras, así como roces perjudiciales y tracciones exageradas.

No se dará a los conductores curvaturas superiores a las admisibles para cada tipo. El radio interior de curvatura no será menor que los valores indicados por el fabricante de los conductores.

#### Artículo 25. Acometidas.

Serán de las secciones especificadas en el proyecto, se conectarán en las cajas situadas en el interior de las columnas y báculos, no existiendo empalmes en el interior de los mismos. Sólo se quitará el aislamiento de los conductores en la longitud que penetren en las bornas de conexión.

Las cajas estarán provistas de fichas de conexión (IV). La protección será, como mínimo, IP-437, es decir, protección contra cuerpos sólidos superiores a 1 mm. (4), contra agua de lluvia hasta 60° de la vertical (3) y contra energía de choque de 6 julios (7). Los fusibles (I) serán APR de 6 A, e irán en la tapa de la caja, de modo que ésta haga la función de seccionamiento. La entrada y salida de los conductores de la red se realizará por la cara inferior de la caja y la salida de la acometida por la cara superior.

Las conexiones se realizarán de modo que exista equilibrio entre fases.

Cuando las luminarias no lleven incorporado el equipo de reactancia y condensador, dicho equipo se fijará sólidamente en el interior del báculo o columna en lugar accesible.

#### Artículo 26. Empalmes y derivaciones.

Los empalmes y derivaciones se realizarán preferiblemente en las cajas de acometidas descritas en el apartado anterior. De no resultar posible se harán en las arquetas, usando fichas de conexión (una por hilo), las cuales se encintarán con cinta autosoldable de una rigidez dieléctrica de 12 kV/mm, con capas a medio solape y encima de una cinta de vinilo con dos capas a medio solape.

Se reducirá al mínimo el número de empalmes, pero en ningún caso existirán empalmes a lo largo de los tendidos subterráneos.

#### Artículo 27. Tomas de tierra.

La intensidad de defecto, umbral de desconexión de los interruptores diferenciales, será como máximo de 300 mA y la resistencia de puesta a tierra, medida en la puesta en servicio de la instalación, será como máximo de 30 Ohm. También se admitirán interruptores diferenciales de intensidad máxima de 500 mA o 1 A, siempre que la resistencia de puesta a tierra medida en la puesta en servicio de la instalación sea inferior o igual a 5 Ohm y a 1 Ohm, respectivamente. En cualquier caso, la máxima resistencia de puesta a tierra será tal que, a lo largo de la vida de la instalación y en cualquier época del año, no se puedan producir tensiones de contacto mayores de 24 V en las partes metálicas accesibles de la instalación (soportes, cuadros metálicos, etc).

La puesta a tierra de los soportes 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 como mínimo un electrodo de puesta a tierra cada 5 soportes de luminarias, y siempre en el primero y en el último soporte de cada línea. Los conductores de la red de tierra que unen los electrodos deberán ser:

- Desnudos, de cobre, de 35 mm<sup>2</sup> de sección mínima, si forman parte de la propia red de tierra, en cuyo caso irán por fuera de las canalizaciones de los cables de alimentación.

- Aislados, mediante cables de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, con conductores de cobre, de sección mínima 16 mm<sup>2</sup> para redes subterráneas, y de igual sección que los conductores de fase para las redes posadas, en cuyo caso irán por el interior de las canalizaciones de los cables de alimentación.

El conductor de protección que une cada soporte con el electrodo o con la red de tierra, será de cable unipolar aislado, de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, y sección mínima de 16 mm<sup>2</sup> de cobre.

Todas las conexiones de los circuitos de tierra se realizarán mediante terminales, grapas, soldadura o elementos apropiados que garanticen un buen contacto permanente y protegido contra la corrosión.

#### Artículo 28. Bajantes.

En las protecciones se utilizará, exclusivamente, el tubo y accesorios descritos en el apartado 2.1.11.

Dicho tubo alcanzará una altura mínima de 2,50 m. sobre el suelo.

### 3.2 Normas y Ejecución de las Instalaciones.

#### **Línea Subterránea de Alta Tensión**

Se tendrá en cuenta lo especificado en las NI (Ejecución de las instalaciones), debiendo quedar las instalaciones en perfectas condiciones para la posterior recepción, según se detalla más adelante.

Se respetarán asimismo las prescripciones del proyecto tipo BT de aplicación, donde se establecen las condiciones que deberán cumplir los conductores, empalmes, terminales, canalizaciones, entronques, etc.

En aquellas cuestiones que le afecte, la instalación cumplirá las exigencias del Reglamento Técnico de Líneas Aéreas de Alta Tensión y del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

Durante el transcurso de la obra, el Director Técnico de la misma velará por el cumplimiento de las condiciones marcadas en proyecto, debiendo comunicársele por escrito cualquier propuesta de cambio respecto a lo establecido en dicho documento, a la que responderá en breve –tanto en caso de aceptación como de rechazo– justificando convenientemente la decisión adoptada.

#### **Centro de Transformación**

Todos los materiales, aparatos, máquinas, y conjuntos integrados en los circuitos de instalación proyectada cumplen las normas, especificaciones técnicas, y homologaciones que le son establecidas como de obligado cumplimiento por el Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Por lo tanto, la instalación se ajustará a los planos, materiales, y calidades de dicho proyecto, salvo orden facultativa en contra.

#### **Instalaciones de Baja Tensión**

Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de las instalaciones eléctricas, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la Dirección Facultativa.

### **Alumbrado Público**

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

## 3.3 Revisiones y Pruebas reglamentarias al finalizar la obra

### **Línea Subterránea de Alta Tensión**

Finalizada la obra, se realizará una comprobación final que ratifique el cumplimiento de las condiciones del proyecto, con las modificaciones que hubieran surgido en el transcurso de los trabajos, previamente autorizadas por la dirección de obra.

Se verificará la continuidad de las líneas, así como la correcta conexión de cada conductor, debiendo garantizar la coincidencia del orden de fases R-S-T con la red existente, mediante comprobador adecuado a tal fin.

Se comprobará igualmente las conexiones a tierra de la pantalla de cada conductor en el punto terminal.

En cuanto al nivel de aislamiento exigido será conforme a los valores mostrados en la tabla del REBT en este caso.

Para la recepción técnica de las instalaciones se seguirá el procedimiento indicado en las NI correspondientes, revisando las unidades constructivas que define esta norma, así como en los proyectos tipo, donde también se concretan los criterios de no aceptación de los materiales por parte de la compañía suministradora.

### **Centro de Transformación**

Las pruebas y ensayos a que serán sometidos los equipos y/o edificios una vez terminada su fabricación serán las que establecen las normas particulares de cada producto, que se encuentran en vigor y que aparecen como normativa de obligado cumplimiento en el MIE-RAT 02.

### **Instalaciones de Baja Tensión**

De acuerdo con lo establecido en la ITC BT 05, se realizará la verificación previa a la puesta en servicio y por el instalador para su comunicación a la Dirección Facultativa, las pruebas establecidas en la UNE 20460-6-61.

### **Alumbrado Público**

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

### 3.4 Condiciones de Uso, mantenimiento y seguridad

#### **Línea Subterránea de Alta Tensión**

La instalación objeto del proyecto será explotada por la empresa suministradora. Le corresponderá por tanto, velar por el buen uso de la instalación y efectuar las pertinentes labores de mantenimiento.

Asimismo, el titular de la instalación de producción, transporte, transformación y distribución de energía eléctrica, deberá mantener y documentar dicha instalación en las condiciones de regularidad, seguridad y cumplimiento del resto de prescripciones establecidas en el Reglamento.

#### **Centro de Transformación**

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

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

Para la realización de las maniobras oportunas en el centro se utilizará banquillo, palanca de accionamiento, guantes, etc., y deberán estar siempre en perfecto estado de uso, lo que se comprobará periódicamente.

Antes de la puesta en servicio en carga del centro, se realizará una puesta en servicio en vacío para la comprobación del correcto funcionamiento de las máquinas.

Se realizarán unas comprobaciones de las resistencias de aislamiento y de tierra de los diferentes componentes de la instalación eléctrica.

Toda la instalación eléctrica debe estar correctamente señalizada y debe disponer de las advertencias e instrucciones necesarias de modo que se impidan los errores de interrupción, maniobras incorrectas, y contactos accidentales con los elementos en tensión o cualquier otro tipo de accidente.

Se colocarán las instrucciones sobre los primeros auxilios que deben presentarse en caso de accidente en un lugar perfectamente visible.

#### **Instalaciones de Baja Tensión**

En general, basándonos en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y las especificaciones de las normas NTE, se cumplirán, entre otras, las siguientes condiciones de seguridad:

Siempre que se vaya a intervenir en una instalación eléctrica, tanto en la ejecución de la misma como en su mantenimiento, los trabajos se realizarán sin tensión, asegurándonos la inexistencia de ésta mediante los correspondientes aparatos de medición y comprobación.

- En el lugar de trabajo se encontrará siempre un mínimo de dos operarios.
- Se utilizarán guantes y herramientas aislantes.
- Cuando se usen aparatos o herramientas eléctricos, además de conectarlos a tierra cuando así lo precisen, estarán dotados de un grado de aislamiento II, o estarán alimentados con una tensión inferior a 50 V mediante transformadores de seguridad.
- Serán bloqueados en posición de apertura, si es posible, cada uno de los aparatos de protección, seccionamiento y maniobra, colocando en su mando un letrero con la prohibición de maniobrarlo.
- No se restablecerá el servicio al finalizar los trabajos antes de haber comprobado que no exista peligro alguno.

- En general, mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos a tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal o artículos inflamables; llevarán las herramientas o equipos en bolsas y utilizarán calzado aislante, al menos, sin herrajes ni clavos en las suelas.
- Se cumplirán asimismo todas las disposiciones generales de seguridad de obligado cumplimiento relativas a seguridad, higiene y salud en el trabajo, y las ordenanzas municipales que sean de aplicación.

Antes de la Recepción provisional, los cuadros se limpiarán de polvo, pintura, cascarillas y de cualquier material que pueda haberse acumulado durante el curso de la obra en su interior o al exterior.

Cuando sea necesario intervenir nuevamente en la instalación, bien sea por causa de averías o para efectuar modificaciones en la misma, deberán tenerse en cuenta todas las especificaciones reseñadas en los apartados de ejecución, control y seguridad, en la misma forma que si se tratara de una instalación nueva. Se aprovechará la ocasión para comprobar el estado general de la instalación, sustituyendo o reparando aquellos elementos que lo precisen, utilizando materiales de características similares a los reemplazados.

### **Alumbrado Público**

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

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

Para garantizar en el transcurso del tiempo el valor del factor de mantenimiento de la instalación, se realizarán las operaciones de reposición de lámparas y limpieza de luminarias con la periodicidad determinada por el cálculo del factor.

El titular de la instalación será el responsable de garantizar la ejecución del plan de mantenimiento de la instalación descrito en el proyecto o memoria técnica de diseño.

Las operaciones de mantenimiento relativas a la limpieza de las luminarias y a la sustitución de lámparas averiadas podrán ser realizadas directamente por el titular de la instalación o mediante subcontratación.

Las mediciones eléctricas y luminotécnicas incluidas en el plan de mantenimiento serán realizadas por un instalador autorizado en baja tensión, que deberá llevar un registro de operaciones de mantenimiento, en el que se reflejen los resultados de las tareas realizadas.

El registro podrá realizarse en un libro u hojas de trabajo o un sistema informatizado. En cualquiera de los casos, se numerarán correlativamente las operaciones de mantenimiento de la instalación de alumbrado exterior, debiendo figurar, como mínimo, la siguiente información:

- El titular de la instalación y la ubicación de ésta.
- El titular del mantenimiento.
- El número de orden de la operación de mantenimiento preventivo en la instalación.

- El número de orden de la operación de mantenimiento correctivo.
- La fecha de ejecución.
- Las operaciones realizadas y el personal que las realizó.

Además, con objeto de facilitar la adopción de medidas de ahorro energético, se registrará:

- Consumo energético anual.
- Tiempos de encendido y apagado de los puntos de luz.
- Medida y valoración de la energía activa y reactiva consumida, con discriminación horaria y factor de potencia.
- Niveles de iluminación mantenidos.

### 3.5 Revisiones, inspecciones y pruebas periódicas reglamentarias a efectuar por parte de los instaladores, mantenedores y/o organismo de control

Se realizarán las correspondientes revisiones, inspección y pruebas periódicas de obligatorio cumplimiento exigidas por las compañías instaladoras, mantenedores y de organismos de control competentes.

### 3.6 Certificados y documentación sujetos a homologación

#### **Línea Subterránea de Alta Tensión**

Las comunicaciones oficiales que se exijan para autorizar la instalación, se precisará, para su puesta en marcha, de los siguientes trámites:

- Presentación de una copia del presente proyecto en los Servicios Territoriales de Industria y Comercio de Murcia.
- Presentación en el mismo organismo, finalizados los trabajos, del Certificado Final de Dirección de Obra.

Este último documento, firmado por el Director Técnico de la Obra, confirma el cumplimiento de las condiciones de los materiales y de ejecución especificados en proyecto, de acuerdo con la normativa, y ratifica que, en el momento de la recepción, las instalaciones son aptas para su adecuada puesta en funcionamiento.

#### **Centro de Transformación**

Se adjuntarán, para la tramitación de este proyecto ante los organismos públicos competentes, las documentaciones indicadas a continuación:

- Autorización administrativa de la obra.
- Proyecto firmado por un técnico competente.
- Certificado de tensión de paso y contacto, emitido por una empresa homologada.
- Certificación de fin de obra.
- Contrato de mantenimiento.
- Conformidad por parte de la compañía suministradora.

#### **Instalaciones de Baja Tensión**

Una vez realizada la instalación, el Técnico Director de la misma extenderá un Certificado de Dirección y Terminación de Obra de Instalaciones eléctrica, en el que se expondrá la

descripción de las variaciones de detalle realizadas sobre lo expresado en el proyecto específico; así como los resultados de las pruebas, mediciones y reconocimientos efectuados.

El mencionado Certificado estará visado por el correspondiente Colegio Profesional. La propiedad dispondrá de una copia del proyecto, así como del Certificado Final de Obra citado.

La propiedad dispondrá también del Certificado de Instalación realizado por Instalador Autorizado.

### **Alumbrado Público**

Se entregará al Contratista dos copias de los Planos y un Pliego de Condiciones del Proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la obra.

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

Por otra parte el Contratista, simultáneamente al levantamiento del Acta de Recepción Provisional, entregará planos actualizados de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al Director de obra dos expedientes completos de los trabajos realmente ejecutados.

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

### 3.7 Libro de Órdenes

En las dependencias de la obra donde se realizará la instalación proyectada, existirá un libro de órdenes en el que se anotarán todas aquellas que el Técnico Director dictase. El cumplimiento de las órdenes expresadas en dicho libro es tan obligatorio para el instalador como las que figuran en el presente Pliego. Al pie de cada orden escrita en dicho libro, deberá figurar además de la firma del Técnico Director, el "enterado" del instalador

## 4. PLANOS

---

