

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**  
**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN CENTRO DOCENTE

**AUTOR:** Francisco José Sánchez Martín

**TUTOR:** Esteban Domínguez González-Seco

Leganés, 29 de Abril de 2013





## ÍNDICE GENERAL

1. OBJETIVOS,.....	5
2. MEMORIA DESCRIPTIVA, .....	9
3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS,.....	57
4. PLIEGO DE CONDICIONES .....	, 91
5. ANEXOS, .....	134
6. BIBLIOGRAFÍA, .....	149
7. PRESUPUESTOS, .....	151
8. PLANOS, .....	166



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano de situación

Figura 2. Vista del edificio

Figura 3. Esquema instalación eléctrica

Figura 4. Centro de Seccionamiento

Figura 5. Esquema Centro de Seccionamiento

Figura 6. Disposición molecular del SF6

Figura 7. Conjunto celdas del Centro de Seccionamiento

Figura 8. Disposición molecular del SF6

Figura 9. Celda de remonte

Figura 10. Celda de protección

Figura 11. Celda de medida

Figura 12. Centro de Transformación

Figura 13. Rejillas de ventilación CT

Figura 14. Transformador "llenado integral"

Figura 15. Mapa de densidad de impacto sobre el terreno Nq

Figura 16. Transformador en baño de aceite de 1000 kVA

Figura 17. Esquema Termómetro

Figura 18. Termómetro

Figura 19. Conjunto de 3 celdas RM6

Figura 20. Celda de Interruptor-Seccionador

Figura 21. Celda de Interruptor automático

Figura 22. Luminaria SmartForm TBS 464

Figura 23. Dimensiones Luminaria SmartForm TBS 464

Figura 24. Luminaria FBS280

Figura 25. Dimensiones luminaria FBS280

Figura 26. Diagrama fotometrías Philips FBS280 57w

Figura 27. Diagrama emisión de luz Philips FBS280 57w



## ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1. Determinación de las potencias de la instalación.
- Tabla 2. Características de la acometida y empresa suministradora
- Tabla 3. Características técnicas del centro de transformación en Alta Tensión
- Tabla 4. Características técnicas del centro de transformación en Baja Tensión
- Tabla 5. Características generales celdas RM6
- Tabla 6. Características generales celdas SM6
- Tabla 7. Potencia nominal normalizada en transformadores por CEI y UNE
- Tabla 8. Potencia nominal normalizada recomendada por UNESA
- Tabla 9. Niveles medios de iluminación por zonas
- Tabla 10. Niveles medios de iluminación por dependencia
- Tabla 11. Características de la acometida al Centro de Transformación
- Tabla 12. Formulario utilizado para los cálculos eléctricos de la instalación.
- Tabla 13. Cálculos eléctricos.
- Tabla 14. Intensidades admisibles y protección térmica de los conductores
- Tabla 15. Caídas de tensión máximas en líneas de distribución.
- Tabla 16. Coeficiente C1
- Tabla 17. Coeficiente C2
- Tabla 18. Coeficiente C3
- Tabla 19. Coeficiente C4
- Tabla 20. Coeficiente C5
- Tabla 21. Componentes de la instalación.
- Tabla 22. Número de conductores a canalizar por tubo en función de la sección y el diámetro
- Tabla 23. Dimensión, espesor, peso y carga de bandejas de PVC rígido
- Tabla 24. Dimensión, espesor, peso y carga de canales de PVC rígido
- Tabla 25. Diámetro y espesor de pared de tubos de acero de uniones roscadas.
- Tabla 26. Diámetro y espesor de pared de tubos de acero de uniones enchufables.
- Tabla 27. Diámetro y espesor de pared de tubos de PVC rígido.
- Tabla 28. Diámetro y espesor de pared de tubos de PVC corrugado.
- Tabla 29. Información general luminaria PHILIPS SmartForm TBS464
- Tabla 30. Información general PHILIPS FBS280



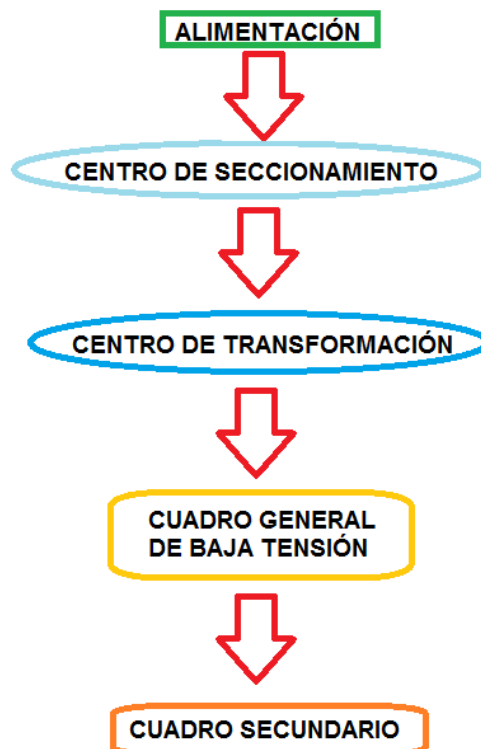
## 1. OBJETIVOS

El objetivo de este proyecto fin de carrera es la descripción detallada de las instalaciones eléctricas del Centro Educativo mediante bases, cálculos justificativos, valoración y planos que reflejen la obra a realizar y las características de la instalación.

El edificio está situado en la calle Josefa Salvanés, situado en el municipio de Arganda del Rey y se prevé el diseño de las instalaciones eléctricas desde plano, encontrándose el local totalmente diáfano.

La instalación eléctrica del local, en baja tensión, nos obliga a realizar la instalación de media tensión con la que alimentaremos al centro de transformación.

La instalación de media tensión está compuesto por varios elementos:





La alimentación llegará al centro de seccionamiento, compuesto por 3 celdas, 2 celdas de entrada/salida de línea, que permitirá sacar una derivación para la cía y una celda de seccionamiento.

A continuación, la alimentación llegará al centro de transformación, compuesto por 3 celdas, una de remonte, una de medida y otra de protección, y el transformador de 100kVA.

En el transformador reducimos la tensión a 420V, con lo que alimentamos el CGBT, situado en la primera planta del local.

Desde el CGBT, y ya en baja tensión, alimentamos el centro secundario de la planta baja en 420V, y sacamos circuitos de fuerza y alumbrado para la planta primera en 220V. Para ello, se han calculado previamente las características de los conductores a utilizar, asegurando caídas de tensión mínimas, resistencias térmicas (producidas por el paso de corriente) y electrodinámicas (dilataciones o contracciones producidas por el calentamiento de los conductores)

Por último, estudiaremos la distribución de las luminarias, las tomas de corriente y el resto de equipo a utilizar en las instalaciones.

Cada vez es más importante la eficiencia y ahorro energético. Es por este motivo, que en este proyecto pondremos especial cuidado en la disposición y elección de las luminarias, complementándolo con la luz natural en todas las dependencias que sea posible.

El proyecto se compone de la siguiente estructura:

- Memoria, describe detalladamente las instalaciones, sitúa el local con su correspondiente normativa y realiza la previsión de cargas del local.
- Cálculos Justificativos, en este capítulo se detallan los procedimientos de cálculos teóricos para el dimensionamiento de los equipos, cableado, etc.
- Pliego de condiciones, en este capítulo se describen las características que deben cumplir los equipos utilizados. El instalador encargado de realizar el proyecto podrá utilizar estos equipos descritos en el pliego de condiciones u otros de características similares.
- Anexos, cuatro anexos dedicados al transformador, celdas del Centro de Seccionamiento, celdas del Centro de Transformación e iluminación del local.



- Presupuesto, en este capítulo se ha tomado el precio de compra del instalador como punto de partida, junto con el precio de la mano de obra. A este importe le aplicamos un coeficiente, que supone el beneficio de la empresa.
- Planos, en este capítulo se refleja el diseño de la instalación en papel.



**Figura 1. Plano de situación**



***Figura 2. Vista del edificio***



# MEMORIA DESCRIPTIVA



## ÍNDICE

1.	GENERALIDADES .....	12
2.	LEGISLACIÓN APLICABLE.....	12
3.	CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO.....	13
4.	PREVISIÓN DE CARGAS .....	14
5.	DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES.....	15
5.1.	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN (CT) Y SECCIONAMIENTO (CS).....	16
5.1.1.	OBJETO DEL PROYECTO.....	16
5.1.2.	ANTECEDENTES Y SOLUCIÓN ADOPTADA.....	17
5.1.2.1.	ANTECEDENTES .....	17
5.1.2.2.	SOLUCIÓN ADOPTADA .....	17
5.1.3.	EMPLAZAMIENTO.....	18
5.1.4.	EMPRESA SUMINISTRADORA DE ENERGÍA Y CARACTERÍSTICAS DE LA ACOMETIDA .....	18
5.1.5.	NORMATIVA.....	19
5.1.6.	POTENCIAS Y CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LAS REDES DE UTILIZACIÓN .....	19
5.1.6.1.	POTENCIAS .....	19
5.1.6.2.	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LA RED DE UTILIZACIÓN .....	21
5.1.7.	ACOMETIDA ELÉCTRICA Y CATEGORÍA DE CLASIFICACIÓN.....	22
5.1.8.	CENTRO DE SECCIONAMIENTO.....	22
5.1.8.1.	CELDAS Y EDIFICIO .....	22
5.1.8.2.	UBICACIÓN .....	27
5.1.8.3.	INTERCONEXIÓN ENTRE LA CIA SUMINISTRADORA, EL CENTRO DE SECCIONAMIENTO Y EL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	27
5.1.8.4.	ACCESOS.....	28
5.1.9.	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO. CELDAS Y EDIFICIO. 28	
5.1.9.1.	CELDAS .....	28
5.1.9.2.	EDIFICIO .....	33



5.1.9.3. ACCESOS .....	34
5.1.10. TRANSFORMADOR DE POTENCIA .....	35
5.1.11. MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.....	38
5.1.12. PUESTAS A TIERRA .....	39
5.1.12.1. CONSIDERACIONES GENERALES.....	39
5.1.12.2. TOMAS DE TIERRA.....	40
5.1.12.3. CONDUCTORES DE PROTECCIÓN .....	41
5.1.13. CONDICIONES DE SEGURIDAD .....	42
5.1.13.1. CENTRO DE SECCIONAMIENTO.....	42
5.1.13.2. INTERCONEXIÓN EN AT CON EL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	43
5.1.13.3. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	43
5.1.13.4. CUADRO GENERAL DE BT. ....	45
5.1.14. INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS .....	45
5.1.14.1. ALUMBRADO.....	45
5.1.14.2. CONTRAINCENDIOS.....	46
5.1.14.3. VENTILACIÓN.....	46
5.2. CUADRO GENERAL DE BAJA TENSIÓN (CGBT) Y DE CIRCUITOS DE SEGURIDAD.....	47
5.3. CUADRO SECUNDARIO DE PROTECCIÓN EN PLANTA BAJA (CS).....	48
5.4. LÍNEAS PRINCIPALES .....	48
5.5. LÍNEAS DE DERIVACIÓN A CUADROS SECUNDARIOS Y TOMAS ELÉCTRICAS .....	49
5.6. DISTRIBUCIONES EN PLANTAS .....	50
5.7. ALUMBRADO DE INTERIORES.....	51
5.8. RED DE PUESTA A TIERRA Y SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS.....	54
5.9. PARARRAYOS .....	55
5.10. CONCLUSIONES.....	56



## 1. GENERALIDADES

Este capítulo comprende las instalaciones eléctricas de Media y Baja Tensión a realizar, conforme al Reglamento Electrotécnico correspondiente y demás normas complementarias vigentes, en la Calle Josefa Salvanés, Arganda del Rey.

Las instalaciones eléctricas comenzarán en el Centro de Seccionamiento, donde llegarán los cables de acometida de la compañía eléctrica en Media Tensión.

Se instalará un transformador de 100kVA para la totalidad del local. Se instalará un cuadro general de baja tensión (CGBT) para repartir la alimentación a todas las dependencias del local.

## 2. LEGISLACIÓN APLICABLE

Para la realización de este proyecto han regido los criterios indicados en los Reglamentos Oficiales, los de la Compañía Suministradora, los del Ayuntamiento y en particular los siguientes:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, según decreto del Ministerio de Industria nº 842/2002 de Agosto, Instrucciones Técnicas Complementarias y normas UNE de aplicación.
- Reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo, según orden Ministerial del 9 de Marzo de 1.971.
- Normas particulares de la Compañía Suministradora.
- Normas UNE y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas. (Ayuntamiento, Bomberos y Medio Ambiente).
- REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, según decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre de 1.982 e Instrucciones Técnicas Complementarias denominadas instrucciones MIE-RAT con orden de fecha 6 de Julio de 1.984.

Eléctricamente el edificio está tratado como de "Pública concurrencia".

### 3. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

En este capítulo se describen y justifican las soluciones a adoptar para las instalaciones que este capítulo comprende.



**Figura 3. Esquema instalación eléctrica (Fuente: Schneider Electric y Himel)**

Desde el Cuadro General de BT (CGBT), alimentado por un Centro de Transformación de 100 kVA, partirán circuitos comunes para alumbrado y fuerza, tomas de corriente, usos varios e informáticos. Además, desde este cuadro general se alimentarán un cuadro secundario (CS) situado en la planta baja, donde partirán circuitos comunes para alumbrado y fuerza, tomas de corriente, usos varios e informáticos.

Se contará con dos escalones de protección: Cuadro General de BT y Cuadro Secundario de planta baja, se diseñarán los dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos de tal forma, que existirá entre ellos selectividad en el disparo frente a cortocircuitos para la máxima corriente obtenida por cálculo en cada punto, teniendo en cuenta que la corriente de cortocircuito máxima en barras del Cuadro General de BT está prevista para un transformador de 100 kVA.

Como alumbrados especiales se tendrá en cuenta el alumbrado de emergencia:



Para el alumbrado de emergencia se ha proyectado la utilización de aparatos autónomos para alumbrado de 210 lúmenes, con 1 hora de autonomía y equipados con lámpara fluorescente según UNE-EN 60.598 y UNE 20.392. Estos aparatos contienen en el interior de la propia luminaria: conjunto de mando, dispositivo de verificación y baterías recargables.

El alumbrado de evacuación ha sido diseñado y dimensionado para señalar las rutas de evacuación y garantizar durante su funcionamiento: una iluminancia mínima a nivel del suelo de 1 lux en los ejes de las zonas de paso y una iluminancia mínima de 5 lux en los puntos donde están ubicados los equipos de protección contra incendios y los cuadros eléctricos.

#### 4. PREVISIÓN DE CARGAS

A efectos de previsión de potencia total del local se ha realizado el cálculo según la ITC-BT-10, tomando un mínimo de 100 W/m<sup>2</sup>. Dado que la potencia instalada supera el mínimo exigido ( $331,29 \text{ m}^2 \times 100 \text{ W/m}^2 = 33.129 \text{ W}$ ), se tendrá en cuenta la potencia instalada a efectos de previsión de potencia, partiendo de los planos de planta donde están representados los puntos/luz y tomas de corriente, de cuyo recuento y aplicación del coeficiente 1,8 sobre la potencia de lámparas de descarga se han obtenido las cargas instaladas reflejadas en esquemas de cuadros, que por acumulación y aplicación de los coeficientes de simultaneidad extraídos del uso habitual en esta clase de edificios son las siguientes:





Tabla 1. Determinación de las potencias de la instalación.

CUADRO GENERAL		
Nº	Nombre	Pnu ( W )
C.G.-A1	ALUMBRADO AULA I + ADM. + ASEOS	83
C.G.-A2	ALUMBRADO AULA II + PASILLO	72
C.G.-A3	ALUMBRADO AULA III + REC. + DIR. + ESC.	81
C.G.-A4	ALUMBRADO EMERGENCIA	20
C.G.-O1	TOMAS CORR. ORD. ADM. + DIR.	300
C.G.-O2	TOMAS CORR. ORD. REC. + AI + AII + AIII	300
C.G.-V1	TOMAS CORR. VARIOS ADMINISTRACIÓN	3450
C.G.-V2	TOMAS CORR. VARIOS RECEPCIÓN	3450
C.G.-V3	TOMAS CORR. VARIOS DIRECCIÓN	3450
C.G.-V4	TOMAS CORR. VARIOS AI + AII + AIII	3450
C.G.-S1	TOMAS CORR. SERV. TERMO	1000
C.G.-S2	TOMAS CORR. SERV. REC.+DIR.+ADM.	3450
C.G.-S3	TOMAS CORR. SERVICIO PASILLO	3450
C.G.-S4	TOMAS CORR. SERVICIO AI+AII+AIII	3450
C.G.-R1	RÓTULOS	1500
C.G.-C1	CLIMATIZACIÓN AULA I	1560
C.G.-C2	CLIMATIZACIÓN ADMINISTRACIÓN	1080
C.G.-C3	CLIMATIZACIÓN AULA II	1560
C.G.-C4	CLIMATIZACIÓN DIRECCIÓN	1080
C.G.-C5	CLIMATIZACIÓN AULA III	1560
C.G.-C6	CLIMATIZACIÓN RECEPCIÓN	1080
C.G.-CS	CUADRO SECUNDARIO PLANTA BAJA	36157
<b>TOTAL</b>		<b>66849</b>

Para atender esta demanda se dota a la instalación de un transformador de 100 kVA.

## 5. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

Para su mejor estudio se divide en:

- ✓ Centros de Transformación y Seccionamiento (CT) y (CS).
- ✓ Cuadro General de Baja Tensión (CGBT) y circuitos de seguridad.
- ✓ Cuadro Secundario de protección de planta baja (CS).
- ✓ Línea principal.
- ✓ Línea de derivación a CS y tomas eléctricas.
- ✓ Distribuciones en plantas.
- ✓ Alumbrado de interiores.
- ✓ Red de puesta a tierra y sistemas de protección contra contactos indirectos.



## 5.1. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN (CT) Y SECCIONAMIENTO (CS)

Consideraciones previas:

Al constituir las instalaciones eléctricas, aquí contempladas, un capítulo del proyecto general del edificio y tener como objeto la definición de las mismas, no se han separado, como proyectos independientes, las instalaciones de Alta Tensión y las de Baja Tensión.

Los distintos organismos oficiales necesitarán proyectos separados para las legalizaciones obligatorias de: Alta Tensión, Baja Tensión, u otros exigibles.

Dentro de Alta Tensión será necesario legalizar la acometida en Alta Tensión que incluya la actuación en la línea existente de la Cía.

En el presente proyecto presentamos la documentación necesaria para la posterior elaboración de los citados proyectos.

### 5.1.1. OBJETO DEL PROYECTO

Se pretende definir las condiciones necesarias para la implantación de un nuevo Centro de Seccionamiento (CS) y un Centro de transformación (CT), para 15-20/0.42 kilovoltios, en el exterior del edificio, con una potencia total de 100 KVA para ser ubicado en un Edificio Prefabricado EHC-4 de superficie y maniobra interior (tipo caseta).

El objeto del proyecto es el de establecer las condiciones y garantías técnicas a que han de someterse las instalaciones eléctricas de más de 1.000 voltios para:

- Protección de las personas y cosas
- Regularidad para el uso de la instalación
- Definición de los materiales a emplear y su instalación
- Determinar el grado de inversión necesaria
- Definir las ampliaciones previsibles
- Definir las condiciones de la puesta en servicio
- Condicionar las operaciones de mantenimiento
- Aportar datos para la contratación de la energía



## 5.1.2. ANTECEDENTES Y SOLUCIÓN ADOPTADA

### 5.1.2.1. ANTECEDENTES

Para atender la demanda de potencia instalada, se ha previsto la instalación de un centro de transformación (CT), con centro de seccionamiento (CS), que la Cía alimentará en alta tensión.

La Cía. quiere que su bucle de acometida se instale en un local con acceso directo desde la calle. Por lo que el nuevo bucle de alimentación, o nuevo CS, se ubicará en un recinto especialmente acondicionado para el CS en el interior de un edificio prefabricado de maniobra interior, con una puerta para el centro de seccionamiento y otra puerta para el centro de transformación.

### 5.1.2.2. SOLUCIÓN ADOPTADA

El presente proyecto define el centro de transformación y centro de seccionamiento para la satisfacción de la Cía. suministradora, las normativas vigentes y las demandas de la propia instalación.

#### Centro de seccionamiento (CS)

Estará formado por celdas prefabricadas del tipo RM6. Formará conjunto con el CT, siendo ubicado en el edificio prefabricado, con acceso único y exclusivo para el personal de la compañía desde el exterior mediante una puerta metálica. Recibirá la entrada y salida del bucle de la Cía y alimentará en AT el CT.

#### Acometida en alta tensión al centro de transformación

Desde el CS se realizará la acometida, en Alta Tensión, mediante líneas de cables AT unipolares de aislamiento seco RHZ1, aislamiento 12/20 kV, de 95 mm<sup>2</sup> en AI situadas en bandejas blindadas.

#### Centro de transformación (CT)

El CT será del tipo de celdas prefabricadas SM6. Recibirá las líneas de la acometida del Centro de Seccionamiento y lo alimentará directamente en AT. Desde la celda de medida se alimentará a través de un cable de 95 mm<sup>2</sup> con malla el transformador de potencia, que estará



ubicado en el recinto anexo, en una celda compartimentada con tabiques de fábrica de ladrillos y frontal de puerta metálica con acceso desde el exterior del edificio.

Se instalará una celda de remonte, una celda de protección general y una celda de medida.

### 5.1.3. EMPLAZAMIENTO

C/ Josefa Salvanés, Arganda del Rey, Madrid.

El local será utilizado como Centro Docente y se encuentra clasificado como de “pública concurrencia”, y las implantaciones serán:

Centro de Seccionamiento se ubicará en el edificio prefabricado, con acceso directo desde la calle sólo para la Compañía, sin la posibilidad de acceder al resto del edificio.

El Centro de Transformación se ubicará en el edificio prefabricado, con acceso sólo a personal autorizado del servicio de mantenimiento del local.

### 5.1.4. EMPRESA SUMINISTRADORA DE ENERGÍA Y CARACTERÍSTICAS DE LA ACOMETIDA

*Tabla 2. Características de la acometida y empresa suministradora*

Compañía suministradora:	UNION FENOSA
Potencia de cortocircuito:	350 MVA
Tensión nominal:	15 Kv
Frecuencia:	50 Hz
Tiempo máximo de desconexión:	0,4 segundos
Conexión del neutro:	aislado
Protección exigida:	50-51 y 67N



### 5.1.5. NORMATIVA

Para la elaboración de este proyecto y la posterior realización de la obra se han tenido en cuenta y se cumplirán las normas siguientes:

- ✓ Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. R.D. 3275/1.982 DEL12-XI.
  - ✓ Instrucciones técnicas complementarias MIT-RAT. Órdenes ministeriales de 84-94-95-96-00.
  - ✓ Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e instrucciones técnicas complementarias. R.D. 842/2.002 de 2-agosto.
  - ✓ Reglamento de verificaciones eléctricas y regularidad en el suministro de energía eléctrica.
  - ✓ Normas UNE de obligado cumplimiento de acuerdo con la MIE-RAT 02 y recomendaciones UNESA.
  - ✓ Normas impuestas por las entidades públicas afectadas: comunidad autónoma; ayuntamiento; medio ambiente y bomberos.
  - ✓ Normas particulares de la Cía. suministradora.

### 5.1.6. POTENCIAS Y CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LAS REDES DE UTILIZACIÓN

#### 5.1.6.1. POTENCIAS

A.- Potencias estimadas

B.- Potencias instaladas

C.- Potencia contratada

#### A.- Potencias estimadas

La distribución y conocimiento de las potencias de los receptores, tanto de alumbrado como de fuerza, nos permiten tomar la base para la definición de los circuitos necesarios para su funcionamiento.

Bien sea por el conocimiento de las potencias o por la capacidad máxima que se determine para las líneas, podemos estimar la potencia mínima a suministrar al Cuadro



Secundario y distintos circuitos de la planta primera, teniendo en cuenta, además, los coeficientes de utilización y de simultaneidad adecuados.

Con estos criterios podemos llegar al conocimiento de las potencias demandadas para cada una de las salidas del Cuadro General de Baja Tensión.

A la suma de estas potencias demandadas debemos aplicarles un coeficiente de simultaneidad, en función del uso previsto, y con este resultado podemos estimar la potencia mínima necesaria para alimentar la instalación.

En este caso se ha determinado como potencia estimada: 68849 W

#### B.- Potencias instaladas

A partir de la potencia estimada determinaremos la potencia instalada, utilizando máquinas de transformación con potencias normalizadas por CEI y UNE , y UNESA en su recomendación RU-5201D. Debemos tener en cuenta que el valor de la potencia instalada depende del importe que la propiedad deberá pagar a la Cía suministradora, por el concepto de derechos de acometida.

Potencia instalada elegida:

- Transformador: 100 kVA
- Potencia instalada: 68,849 Kw

#### C.- Potencia contratada

La propiedad debe asesorarse, sobre la conveniencia de contratar con la Cía. Los KVA más próximos a su consumo real, previsto para los inicios y en un futuro más o menos próximo.

Las tarifas tienen términos fijos que se deben pagar con independencia del consumo, en consonancia sólo con la POTENCIA CONTRATADA.

Por esto recomendamos que:

- ✓ Se obtenga, de la Cía. suministradora, las distintas tarifas aplicables a esta instalación.



- ✓ Se conozcan los recargos y bonificaciones que se aplicarán cuando las potencias consumidas sean superiores o inferiores a la potencia contratada. Y si el hecho de sobrepasar la potencia contratada con cierta asiduidad puede implicar otro tipo de inconveniencia para el consumidor.
- ✓ Posibilidad de cambiar en el contrato el valor de la potencia contratada, cuando se tuviera un historial del consumo real de la instalación
- ✓ Por último, la contratación exigirá equipos de medida, acordes con el contrato. Cualquier tipo de contador necesitará transformadores de medidas homologados y verificados por la Cía. y esto ya se contempla en este proyecto, pero la definición del tipo de contadores, debe hacerse de acuerdo con el contrato del suministro, siendo relativamente habitual que la instalación y suministro de los contadores, lo realice la propia Cía.

### 5.1.6.2. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LA RED DE UTILIZACIÓN

#### A- RED DE ALTA TENSIÓN

El centro de transformación responderá a las siguientes características:

*Tabla 3. Características técnicas del centro de transformación en Alta Tensión*

Tensión primaria	15/20 kV
Potencia instalada	100 kVA
Potencia de cortocircuito	350 MVA
Intensidad máxima de cortocircuito	3,85 kA
Frecuencia	50 Hz
Sistema de conexión del neutro	Aislado
Tensión de cortocircuito de trafo	6%
Relés de protección	50-51-67N

## B- RED DE BAJA TENSIÓN

Con los datos de alta tensión, obtenemos las características de la red de baja tensión:

*Tabla 4. Características técnicas del centro de transformación en Baja Tensión*

Tensión secundaria	230/400 V
Frecuencia	50 Hz
Potencia disponible a plena carga	100 kVA
Intensidad nominal	137,5A
Intensidad de cortocircuito máxima en bornas del transformador de Baja Tensión	3,4kA

### 5.1.7. ACOMETIDA ELÉCTRICA Y CATEGORÍA DE CLASIFICACIÓN

La acometida al transformador vendrá de la línea de media tensión más cercana de la Cía mediante un cable subterráneo a 15000 V y con una frecuencia de 50 Hz.

La instalación resulta de tercera categoría, ya que se encuentra entre 1000 y 30000 V.

### 5.1.8. CENTRO DE SECCIONAMIENTO

#### 5.1.8.1. CELDAS Y EDIFICIO

El CS es la unidad donde se recibe la acometida de la Cía., en Alta Tensión, en forma de bucle (entrada y salida) y desde donde sale, para alimentación en punta, la acometida al CT.

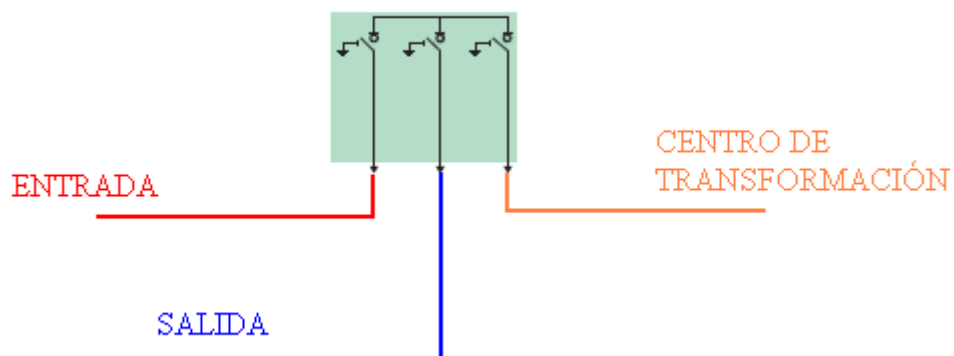


CENTRO DE SECCIONAMIENTO



***Figura 4. Centro de Seccionamiento (Fuente: Schneider Electric)***

En este caso el CS está separado del CT, como puede observarse en la figura XX, uniéndose con él a través de líneas situadas en bandejas cerradas.

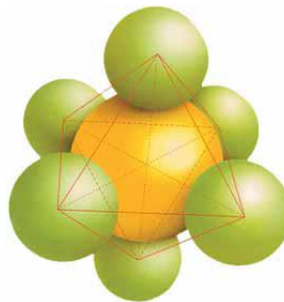


***Figura 5. Esquema Centro de Seccionamiento (Fuente: Schneider Electric)***

Las celdas para la entrada y salida del bucle de acometida de la Cía, así como la celda de protección de la salida, de la acometida al CT, como hemos indicado, formarán un conjunto de celdas, equipadas con aparataje de alta tensión, bajo envolventes metálicas con aislamiento integral en SF<sub>6</sub>, para una tensión de hasta 24.000 voltios acorde con las siguientes normativas:

- ✓ UNE 20090; 20135; 21081
- ✓ UNE-EN-60129; 60265-1
- ✓ CEI 60298; 60420; 60219
- ✓ Recomendaciones UNESA 6407

Toda la aparataje estará agrupada en el interior de cada celda metálica estanca rellena de hexafluoruro de azufre, como elemento aislante.



***Figura 6. Disposición molecular del SF<sub>6</sub> (Fuente: Schneider Electric)***

El Hexafluoruro de Azufre es un gas inerte, más pesado que el aire, no es tóxico ni inflamable, pero es asfixiante y posee un color y olor característicos. La característica principal de este gas, y el motivo de su uso como aislante, es su elevada constante dieléctrica.

El conjunto de celdas están homologados por la Cía. y permitido su implantación en el caso que nos ocupa.

Las celdas de entrada, o salida, están equipadas con interruptor-seccionador de corte y aislamiento en SF<sub>6</sub>, mando manual; seccionador de puesta a tierra; conectores especiales para la entrada de la acometida de cables de Cía.



La celda de salida para el CT está equipada con un interruptor-seccionador de corte y aislamiento en SF6, mando manual.

### CARACTERÍSTICAS GENERALES CELDAS RM6

***Tabla 5. Características generales celdas RM6***

TENSIÓN ASIGNADA		24kV
TENSIÓN SOPORTADA ENTRE FASES, Y ENTRE FASES Y TIERRA	A FRECUENCIA INDUSTRIAL (50Hz), 1 MINUTO	50kV ef.
	A IMPULSO TIPO RAYO	125v cresta
INTENSIDAD ASIGNADA EN FUNCIONES DE LÍNEA		400A
INTENSIDAD ASIGNADA EN FUNCIONES DE PROTECCIÓN		200A
INTENSIDAD NOMINAL ADMISIBLE DURANTE UN SEGUNDO		16kA ef.
VALOR CRESTA DE LA INTENSIDAD NOMINAL ADMISIBLE		40kA cresta

La intensidad asignada en funciones de protección en interruptores automáticos es de 400 A.

El valor de cresta de la intensidad nominal admisible es 2,5 veces la intensidad nominal admisible de corta duración.

El poder de corte de la aparatenta será de 400 A eficaces en las funciones de línea y de 16 kA en las funciones de protección (ya se consiga por fusible o por interruptor automático).

El poder de cierre de todos los interruptores será de 40 kA cresta. Todas las funciones (tanto las de línea como las de protección) incorporarán un seccionador de puesta a tierra de 40 kA cresta de poder de cierre.

Deberá existir una señalización positiva de la posición de los interruptores y seccionadores de puesta a tierra. Además, el seccionador de puesta a tierra deberá ser directamente visible a través de visores transparentes.

El embarrado estará sobredimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se puedan presentar y que se detallan en el apartado de cálculos.

#### CELDA TRES INTERRUPTORES



*Figura 7. Conjunto celdas del Centro de Seccionamiento (Fuente: Schneider Electric)*

- ✓ Conjunto Compacto Schneider gama RM6, modelo RM6 3I (3L), equipado con TRES funciones de línea con interruptor, de dimensiones: 1.142 mm de alto, 1.186 mm de ancho, 710 mm de profundidad.
- ✓ Conjunto compacto estanco RM6 en atmósfera de hexafluoruro de azufre SF6, 24 KV tensión nominal, para una intensidad nominal de 400 A en las funciones de línea, conteniendo:
- ✓ El interruptor de la función de línea es un interruptor-seccionador de las siguientes características:
  - Poder de cierre: 40 kA cresta.
  - Seccionador de puesta a tierra en SF6.
- ✓ Palanca de maniobra.



- ✓ Dispositivos de detección de presencia de tensión en todas las funciones de línea.
- ✓ 3 lámparas individuales (una por fase) para conectar a dichos dispositivos.
- ✓ Pasatapas de tipo roscados M16 de 400 A en las funciones de línea.
- ✓ Cubrebornas metálicos en todas las funciones.
- ✓ Manómetro para el control de la presión del gas.
- ✓ La conexión de los cables se realizará mediante conectores de tipo roscados de 400 A en cada función, asegurando así la estanqueidad del conjunto y, por tanto, la total insensibilidad al entorno en ambientes extraordinariamente polucionados, e incluso soportando una eventual sumersión. o 3 Equipamientos de 3 conectores apantallados en "T" roscados M16 400ª cada uno.

#### **5.1.8.2. UBICACIÓN**

El conjunto del CS, se situará en el edificio prefabricado EHC-4, de superficie y maniobra interior (tipo caseta).

Las tres celdas que componen el CS quedarán encerradas por una malla metálica y permite un acceso restringido al personal de la Cía.

La propiedad puede ser requerida por la Cía para firmar una posible condición de servidumbre.

#### **5.1.8.3. INTERCONEXIÓN ENTRE LA CIA SUMINISTRADORA, EL CENTRO DE SECCIONAMIENTO Y EL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

La conexión de la red existente de la Cía., con el CS, se realizará a través de cables de Aluminio de la sección apropiada acorde a las exigencias de la Cía.

En las celdas de entrada y salida del CS, se alojarán interruptores-seccionadores, que permitirán a la Cía. las maniobras necesarias para la explotación de su red.

La celda de protección para la salida de los cables que alimentarán el CT, está equipada con el interruptor-seccionador exigido por la Cía. y que sólo es manejable por ella.

#### 5.1.8.4. ACCESOS

##### A- ACCESOS DE PERSONAL

La entrada al CS tendrá paso exclusivo para la Compañía.

##### B- ACCESOS DE MATERIALES

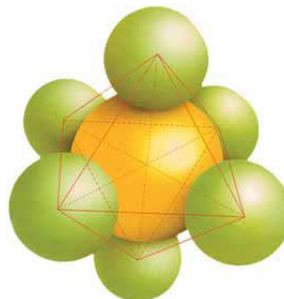
Las vías para el acceso de materiales deberán permitir el transporte, en camión, de los elementos necesarios para el CS. Las puertas se abrirán hacia el exterior para facilitar el acceso.

#### 5.1.9. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO. CELDAS Y EDIFICIO

##### 5.1.9.1. CELDAS

El CT será de tipo interior empleando, para el alojamiento de su aparellaje, celdas prefabricadas bajo envoltorio metálica construidas según la normas UNE-EN 60298.

Estas celdas modulares de aislamiento están equipadas con aparellaje fijo que utiliza SF<sub>6</sub> como elemento de corte y extinción de arco.



*Figura 8. Disposición molecular del SF<sub>6</sub> (Fuente: Schneider Electric)*



El Hexafluoruro de Azufre es un gas inerte, más pesado que el aire, no es tóxico ni inflamable, pero es asfixiante y posee un color y olor característicos. La característica principal de este gas, y el motivo de su uso como aislante, es su elevada constante dieléctrica.

Las celdas corresponden en su concepción y fabricación a la definición de aparataje bajo envolvente metálica única de acero inoxidable, conteniendo en su interior los interruptores y el embarrado.

#### CARACTERÍSTICAS GENERALES CELDAS SM6

***Tabla 6. Características generales celdas SM6***

TENSIÓN ASIGNADA		24kV
TENSIÓN SOPORTADA ENTRE FASES, Y ENTRE FASES Y TIERRA	A FRECUENCIA INDUSTRIAL (50Hz), 1 MINUTO	50kV ef.
	A IMPULSO TIPO RAYO	125v cresta
INTENSIDAD ASIGNADA EN FUNCIONES DE LÍNEA		400A
INTENSIDAD ASIGNADA EN INTERRUP. AUTOMÁTICOS		400A
INTENSIDAD ASIGNADA EN RUPTUFUSIBLES		200A
INTENSIDAD NOMINAL ADMISIBLE DURANTE UN SEGUNDO		16 kA ef.
VALOR CRESTA DE LA INTENSIDAD NOMINAL ADMISIBLE		40kA cresta
GRADO DE PROTECCIÓN DE LA ENVOLVENTE		IP 307

- ✓ El valor de cresta de la intensidad nominal admisible es 2,5 veces la intensidad nominal admisible de corta duración.
- ✓ El grado de protección de la envolvente debe ser IP307 según UNE 20324-94.

- ✓ Puesta a tierra:

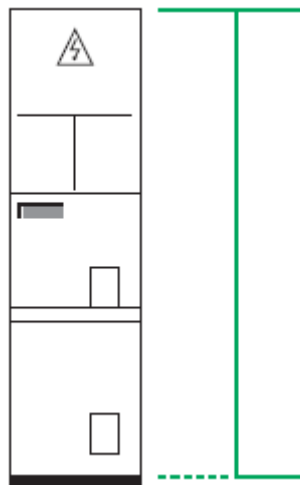
El conductor de puesta a tierra estará dispuesto a todo lo largo de las celdas según UNE-EN 60298, y estará dimensionado para soportar la intensidad admisible de corta duración.

- ✓ Embarrado:

El embarrado estará sobredimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se puedan presentar y que se detallan en el apartado de cálculos.

Los componentes del sistema de celdas será el siguiente:

#### A- CELDA DE REMONTE.



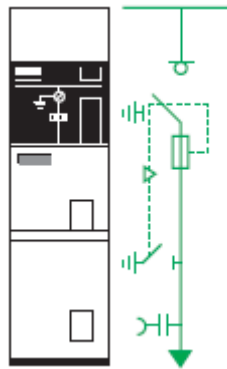
***Figura 9. Celda de montaje (Fuente: Schneider Electric)***

- ✓ Celda Schneider de montaje de cables gama SM6, modelo GAME, de dimensiones: 375 mm. de anchura, 870 mm. de profundidad, 1.600 mm. de altura, y conteniendo:
- ✓ Juego de barras interior tripolar de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.



- ✓ Remonte de barras de 400 A para conexión superior con otra celda.
- ✓ Preparada para conexión inferior con cable seco unipolar.
- ✓ Embarrado de puesta a tierra.

#### B- CELDA DE PROTECCIÓN CON RUPTOFUSIBLES.



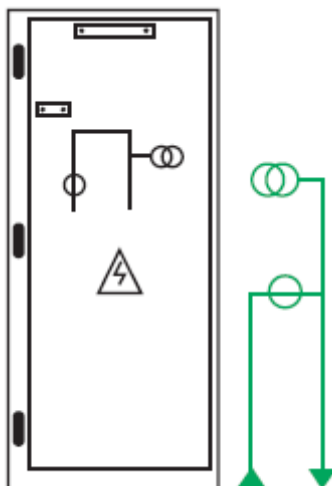
***Figura 10. Celda de protección (Fuente: Schneider Electric)***

Celda Schneider de protección general con interruptor y fusibles combinados gama SM6, modelo QM, de dimensiones: 375 mm. de anchura, 940 mm. De profundidad y 1.600 mm. de altura, conteniendo:

- ✓ Juego de barras tripolar de 400 A, para conexión superior con celdas adyacentes.
- ✓ Interruptor-seccionador en SF6 de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA equipado con bobina de apertura a emisión de tensión a 220 V 50 Hz.
- ✓ Mando C11 manual de acumulación de energía.
- ✓ Tres cortacircuitos fusibles de alto poder de ruptura con baja disipación térmica tipo MESA CF (DIN 43625), de 24kV, y calibre 63 A.
- ✓ Señalización mecánica de fusión fusibles.
- ✓ Indicadores de presencia de tensión con lámparas.
- ✓ Embarrado de puesta a tierra.

- ✓ Seccionador de puesta a tierra de doble brazo (aguas arriba y aguas abajo de los fusibles).
- ✓ Enclavamiento por cerradura tipo C4 impidiendo el cierre del seccionador de puesta a tierra y el acceso a los fusibles en tanto que el disyuntor general B.T. no esté abierto y enclavado. Dicho enclavamiento impedirá además el acceso al transformador si el seccionador de puesta a tierra de la celda QM no se ha cerrado previamente.

### C- CELDA DE MEDIDA



***Figura 11. Celda de medida (Fuente: Schneider Electric)***

Celda Schneider Electric de medida de tensión e intensidad con entrada y salida inferior por cable gama SM6, modelo GBC2C, de dimensiones: 750 mm. de anchura, 1.038 mm. de profundidad, 1.600 mm. de altura, y conteniendo:

- ✓ Juegos de barras tripolar de 400 A, 24 kV y 16 kA.
- ✓ Entrada y salida por cable seco.
- ✓ Transformadores de intensidad de relación 50-100/5A, 10VA CL. 0,5 S,  $I_{th}=80I_n$  y aislamiento 24 Kv según compañía.
- ✓ Transformadores de tensión según compañía, bipolares, modelo de alta seguridad de relación  $22.000:\sqrt{3}/110:-\sqrt{3}-110:3$ , 25VA, CL 0,2, 3P, potencias no simultáneas,

contrato mínimo de 374 y máximo de 1.993 kW, Ft= 1.9 Un y aislamiento 24 kV. El segundo secundario tendrá las características adecuadas para conectar una resistencia de contra ferresonancia (50 ohm/200W).

### 5.1.9.2. EDIFICIO

El recinto disponible se encuentra en el exterior del local, ya que existe espacio suficiente para colocar un edificio prefabricado de maniobra interior (tipo caseta).

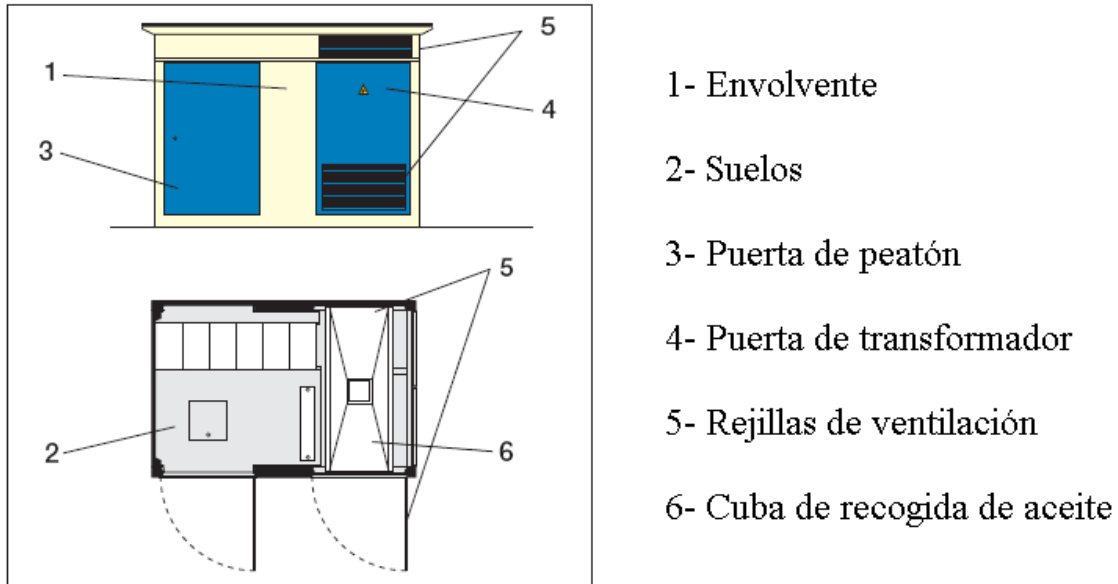


***Figura 12. Centro de Transformación (Fuente: Schneider Electric)***

Para el acceso al recinto donde está situado el transformador se instalará una malla de protección que impedirá el acceso directo de personas a la zona de transformador. Dicha malla de protección irá enclavada mecánicamente por cerradura con el seccionador de puesta tierra de la celda de protección correspondiente, de tal manera que no se pueda acceder al transformador sin haber cerrado antes el seccionador de puesta a tierra de la celda de protección.

Se dispondrá de un sistema de ventilación natural mediante rejillas (Punto 5 de la Figura 13), que están formadas por lamas en forma de "V" invertida, diseñadas para formar un

laberinto que evita la entrada de agua de lluvia en el Centro de Transformación y se complementa cada rejilla interiormente con una malla mosquitera.



**Figura 13. Rejillas de ventilación CT (Fuente: Schneider Electric)**

### 5.1.9.3. ACCESOS

#### A- ACCESOS DE PERSONAL

La zona de Abonado contendrá las celdas del CT y su acceso estará restringido al personal de mantenimiento especialmente autorizado. Las puertas ( Punto 4 de la Figura 13) se abrirán hacia el exterior y tendrán como mínimo 2,10 m de altura y 0,90 m de anchura.

#### B- ACCESOS DE MATERIALES

Las vías para el acceso de materiales deberá permitir el transporte, en camión, de los transformadores y demás elementos pesados hasta el edificio. Las puertas se abrirán hacia el exterior para facilitar el acceso. La entrada de material se realizará por el espacio libre en el forjado dejado para tal uso.

### 5.1.10. TRANSFORMADOR DE POTENCIA

Será una máquina trifásica reductora de tensión, siendo la tensión entre fases a la entrada de 15 kV y la tensión a la salida en vacío de 420V entre fases y 242V entre fases y neutro (\*).

El transformador a instalar tendrá el neutro accesible en baja tensión y refrigeración natural (AN), modelo TRANSFORMADORES EN ACEITE de Schneider Electric, con el método llenado integral.

En el tipo elegido "llenado integral", la dilatación del aceite por incremento de la temperatura, es compensada por la deformación elástica de las aletas de refrigeración de la cuba ( Figura 14 ).



***Figura 14. Transformador "llenado integral" (Fuente: Schneider Electric)***

Las ventajas del "llenado integral" frente al "depósito de expansión" son:

- ausencia de contacto del aceite con el aire ambiente, con lo cual se evita que el aceite se humedezca, y que se acidifique por el oxígeno del aire. En consecuencia mantenimiento más reducido del aceite,
- la instalación y el conexionado a sus bornes, de MT y BT, son más fáciles por la ausencia del depósito,
- la altura total del transformador es más reducida.

Y las ventajas del transformador en baño de aceite frente a los transformadores en seco:

- menor coste unitario. En la actualidad su precio es del orden de la mitad que el de uno seco de la misma potencia y tensión,
- menor nivel de ruido,
- menores pérdidas de vacío,
- mejor control de funcionamiento,
- pueden instalarse a la intemperie,
- buen funcionamiento en atmósferas contaminadas,
- mayor resistencia a las sobretensiones, y a las sobrecargas prolongadas.

La principal desventaja, es la relativamente baja temperatura de inflamación del aceite, y por tanto el riesgo de incendio con desprendimiento elevado de humos. Por este motivo (también por razones medioambientales), debajo de cada transformador, debe disponerse un pozo o depósito colector (Punto 6 de la Figura 13), de capacidad suficiente para la totalidad del aceite del transformador, a fin de que, en caso de fuga de aceite, por ejemplo, por fisuras o rotura en la caja del transformador, el aceite se colecte y se recoja en dicho depósito.

El transformador tendrá los bobinados de AT de tipo continuo por capas, intercalando aislante y canales de refrigeración.

La potencia normalizada del transformador por CEI y UNE son :

**Tabla 7. Potencia nominal normalizada en transformadores por CEI y UNE**

Potencia nominal (kVA)																		
10	25	50	75	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500

Ahora bien, a fin de racionalizar y simplificar la gestión de los transformadores instalados en los miles de CT de las redes públicas, UNESA, en su recomendación RU-5201D, ha normalizado de entre la lista anterior las siguientes potencias:

**Tabla 8. Potencia nominal normalizada recomendada por UNESA**

Potencia nominal (kVA)						
50	100	160	250	400	630	1000

Debido a que las empresas eléctricas de distribución constituyen, con mucho, la parte mayoritaria del mercado comprador de transformadores de distribución. Y que por este motivo, muchos fabricantes se atienen a esta recomendación y en sus catálogos sólo figuran estas potencias normalizadas por UNESA, se optará por seguir las recomendaciones UNESA en la elección del transformador a colocar.

En la proyección del CT, para la tensión de cortocircuito se tendrá en cuenta los valores recomendados por UNESA:

- hasta 630 kVA y hasta 24 kV:.....4%,
- hasta 630 kVA y 36 kV: ..... 4,5%,
- de 800 hasta 2 500 kVA y hasta 36 kV: ..... 6%.

Estos valores son los que acostumbran a figurar en los catálogos de los fabricantes, aunque las normas de los transformadores admiten una tolerancia constructiva para  $U_{cc}$  de  $\pm 10\%$ .

Las características mecánicas y eléctricas del transformador se ajustarán a la Norma UNE 21428, siendo las siguientes:

- ✓ Potencia nominal: 100 kVA
- ✓ Tensión nominal primaria: 15.000 V
- ✓ Regulación en el primario: +/-2,5%, +/-5%
- ✓ Tensión nominal secundaria en vacío: 420 V
- ✓ Tensión de cortocircuito: 4 %
- ✓ Grupo de conexión: Dyn11

(\*)Tensiones según:

- UNE 21301:1991 (CEI 38:1983 modificada) (HD 472:1989)
- UNE 21538 (96) (HD 538.1 S1)



### CONEXIÓN EN EL LADO DE ALTA TENSIÓN:

Juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco RHZ1, aislamiento 12/20 kV, de 95 mm<sup>2</sup> en Al con sus correspondientes elementos de conexión.

### CONEXIÓN EN EL LADO DE BAJA TENSIÓN:

Juego de puentes III de cables BT unipolares de aislamiento seco tipo RV, aislamiento 0,6/1 kV, de 3 x 35 mm<sup>2</sup> Cu para las fases y de 1 x 35 mm<sup>2</sup> Cu para el neutro.

### DISPOSITIVO TÉRMICO DE PROTECCIÓN:

La protección se efectúa mediante un termómetro con contactos eléctricos ajustables mediante 2 escalones de actuación, ambos regulables. Uno para dar señal de aviso (alarma), indicador azul, y otro, regulado a una temperatura más elevada, indicador rojo, para provocar la apertura del interruptor de alimentación.

#### 5.1.11. MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

La medida de energía se realizará mediante un cuadro de contadores conectado al secundario de los transformadores de intensidad y de tensión de la celda de medida.

El cuadro de contadores estará formado por un armario de doble aislamiento de HIMEL modelo PLA-773T/AT-ID de dimensiones 750 mm de alto x 750 mm de ancho y 320 mm de fondo, equipado de los siguientes elementos:

- ✓ Contador electrónico de energía eléctrica clase 0.2 con medida:
  - Activa: bidireccional
  - Reactiva: dos cuadrantes
  
- ✓ Registrador local de medidas con capacidad de lectura directa de la memoria del contador. Registro de curvas de carga horaria y cuartohoraria.
  
- ✓ Modem para comunicación remota.





- ✓ Regleta de comprobación homologada.
- ✓ Elementos de conexión.
- ✓ Equipos de protección necesarios.

## 5.1.12. PUESTAS A TIERRA

### 5.1.12.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Este proyecto se está definiendo con datos de la resistividad del terreno y espacios disponibles, para la ubicación de los electrodos de puesta a tierra, sin la confirmación de su valor y sin sus posiciones finales.

En consecuencia daremos una serie de supuestos y de normas, de instalación, que permitirán acotar los resultados deseados.

Los resultados finales que sean aceptados, deberán poder ser mantenidos durante toda la vida útil de la instalación, para lo cual se dispondrá de los elementos de comprobación necesarios, en locales que aseguren esta función.

En el Reglamento de Alta Tensión, MIE-RAT-13, se indica que todos los elementos que deban estar conectados a tierra, tanto de protección como de servicio, deben interconectarse constituyendo una sola instalación de puesta a tierra. Se exceptúa el caso en el que, para evitar tensiones peligrosas, provocadas por un defecto de la red de alta tensión, los neutros del sistema de la red de baja tensión, cuyas líneas salen del recinto del CT, puedan conectarse a una tierra independiente.

Igualmente se condiciona la posible interconexión entre la red de puesta a tierra de los neutros citados con la red de puesta a tierra de protección de las masas de la instalación de baja tensión, según que el sistema sea TN o TT y por último, se condiciona la interconexión entre las puestas a tierra de las masas de BT con las de AT.

Por todas estas posibilidades, que son función de los valores reales de las resistencias de puesta a tierra y de las intensidades y tensiones máximas de defecto, proyectamos los sistemas de puesta a tierra de manera que antes de la puesta en servicio de la instalación, y con el conocimiento de los valores resultantes, la dirección técnica de la obra, con el instalador, puedan decidir la unificación, o no, de las distintas redes de puestas a tierra.



Para ello se dejarán instaladas tuberías de reserva, que comuniquen las distintas cajas de las bornas principales de tierra, para que en caso de decidir la unificación de tierras, estas canalizaciones permitan la instalación de los cables necesarios.

#### 5.1.12.2. TOMAS DE TIERRA

Pueden estar formadas por conductores de cobre desnudos de  $50 \text{ mm}^2$  y enterrados a una profundidad mínima de 0,5 m, o por una combinación de estos conductores con picas de acero cobrizada, debidamente unidos con soldadura aluminotérmica.

Desde cualquier toma de tierra, que se establezca, se dispondrá de una prolongación del conductor de tierra hasta una arqueta registrable. En esta arqueta se instalará una caja de seccionamiento, medición y borne principal de tierra, y se realizarán las interconexiones de los conductores de protección con los conductores de tierra correspondientes.

En la caja de seccionamiento se dispondrá de un borne principal de tierra que permita las conexiones entre ambos sistemas y la comprobación posterior de su resistencia.

Como alternativa, la caja de seccionamiento deberá instalarse en una pared próxima, cuando sea posible, llegando, el conductor de tierra, hasta ella y conservando la arqueta anteriormente citada, para registro de paso.

La elección del tipo de toma de tierra se hará, siempre que sea posible, de acuerdo con la configuración tipo, que el método de cálculo de UNESA recomienda.

En todos los casos se deben cumplir las condiciones de tensiones de paso y contacto definidas en la MIE-RAT-13.

Debe cuidarse que el cable de cobre desnudo, o las picas, no se instalen próximos a las canalizaciones metálicas del resto del edificio, para evitar la corrosión galvánica, cuando haya presencia del electrolito, que la humedad puede formar con el terreno. Las uniones entre partes metálicas de hierro y partes de cobre se realizarán con soldaduras aluminotérmicas y no pueden quedar sometidas al efecto del electrolito.

Las secciones de los conductores de las tomas de tierra y electrodos serán de  $50 \text{ mm}^2$  como mínimo.



### 5.1.12.3. CONDUCTORES DE PROTECCIÓN

#### A- CENTRO DE SECCIONAMIENTO. CONDUCTORES DE PROTECCIÓN DE LAS MASAS O TIERRA DE PROTECCIÓN.

Para la función de protección de personas y cosas, todas las masas metálicas del bloque de celdas, las cuchillas de los seccionadores de puesta a tierra, las mallas de protección de los conductores de alta tensión, quedarán unidas por una red equipotencial de cable de cobre desnudo, que enlazará con el conductor de tierra a la puesta a tierra del CT con secciones mínimas de  $50 \text{ mm}^2$ .

#### B- CENTRO DE TRANSFORMACIÓN. CONDUCTORES DE PROTECCIÓN DE LAS MASAS O TIERRA DE PROTECCIÓN.

Para la función de protección de personas y cosas, deberán conectarse a tierra todas las partes metálicas de la instalación, que no estén en tensión normalmente, pero que puedan estarlo por averías, descargas atmosféricas o sobretensiones provenientes de la red de AT.

La red de conductores de protección, se realizará con conductores desnudos de cobre, de  $50 \text{ mm}^2$  de sección, directamente grapados a la pared y conectando, en derivación, los elementos que citamos a continuación:

- ✓ Chasis y bastidores metálicos.
- ✓ Envolventes de armarios metálicos.
- ✓ Puertas y rejillas de ventilación del local.
- ✓ Mallazo del pavimento del CT.
- ✓ Carcasa de los transformadores.
- ✓ Envolventes y pantallas de cables de alta tensión.
- ✓ Secundario del transformador de medida (\*).
- ✓ Seccionadores de puesta a tierra (\*).

(\*) Estas funciones son de servicio.



## C- CENTRO DE TRANSFORMACIÓN. CONDUCTORES DE PROTECCIÓN PARA SERVICIO

Para la función de servicio de la instalación de BT, deben ponerse a tierra los elementos siguientes:

- ✓ Neutro del sistema de B.T. del transformador

Las tomas de tierra de estos elementos deben, o pueden, ser independientes, por lo cual, los conductores de protección de esta red serán aislados de 0,6/1 kV, en todo su recorrido, hasta la arqueta de enlace con la primera pica correspondiente.

### 5.1.13. CONDICIONES DE SEGURIDAD

Relacionamos a continuación las medidas de seguridad básicas que se contemplan en el proyecto, sin limitación de otras posibles, o reguladas, por cualquier norma en vigor que sea de aplicación.

#### 5.1.13.1. CENTRO DE SECCIONAMIENTO

##### SEGURIDAD EN CELDAS RM6

Los conjuntos compactos RM6 estarán provistos de enclavamientos de tipo MECÁNICO que relacionan entre sí los elementos que la componen.

El sistema de funcionamiento del interruptor con tres posiciones, impedirá el cierre simultáneo del mismo y su puesta a tierra, así como su apertura y puesta inmediata a tierra.

En su posición cerrada se bloqueará la introducción de la palanca de accionamiento en el eje de la maniobra para la puesta a tierra, siendo asimismo bloqueables por candado todos los ejes de accionamiento. Un dispositivo anti-reflex impedirá toda tentativa de reapertura inmediata de un interruptor.

Asimismo es de destacar que la posición de puesta a tierra será visible, así como la instalación de dispositivos para la indicación de presencia de tensión.



### 5.1.13.2. INTERCONEXIÓN EN AT CON EL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

La línea de Alta Tensión, que conecta el CS con el CT, está formada por líneas en bandeja blindada.

### 5.1.13.3. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

#### A- Edificio de obra civil

Consiste en un edificio prefabricado de hormigón monobloque que ha sido concebido para ser montado enteramente en fábrica permitiendo la instalación de toda la aparamenta y accesorios que completan el centro, lo que permite garantizar la calidad de todo el conjunto (a excepción de la conexión de los cables de entrada y salida) en la misma unidad de producción.

Es por ello, que se definen las siguientes medidas de seguridad:

La estructura dispondrá de un mallazo electrosoldado equipotencial puesto a tierra, que garantiza una perfecta equipotencialidad de todo el prefabricado.

Las puertas y rejillas de ventilación no están conectadas al sistema equipotencial.

Todas las partes conductoras de alta tensión quedarán protegidas, contra contactos directos, por envolventes aislantes o por barreras físicas.

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial es accesible desde el exterior.

Para el caso de una hipotética expansión de aire, en el interior de las celdas, se habilita una cámara de aire de 10 cm., en la parte posterior de las mismas, por donde las chapas podrían abrirse sin peligro.

La cuba de recogida de aceite se integra en el propio diseño del edificio prefabricado (Punto 6 de la Figura 13), asegurando que éste no se derrame por su base. Sobre la cuba se dispone una bandeja cortafuegos de acero galvanizado perforada y cubierta por grava.

En lugar visible se dispondrá de carteles de maniobra, esquema del sistema eléctrico y de tierra, y de instrucciones de primeros auxilios.



En el interior del centro existirán los elementos de maniobra y de primeros auxilios necesarios:

- ✓ Pértiga de maniobra y puesta a tierra
- ✓ Guantes aislantes
- ✓ Banqueta aislante de maniobras
- ✓ Placas indicadoras de peligro de muerte
- ✓ Placa reglamentaria de primeros auxilios
- ✓ Esquema unifilar de la instalación
- ✓ Repuesto de fusibles para las celdas de MT

#### B- Celdas de transformadores

La ubicación del transformador se realizará dentro de la compartimentación diseñada, separado mediante unas rejas metálicas que impiden el acceso directo a la zona desde el interior del prefabricado.

La puerta frontal metálica se encuentra enclavada con el interruptor de protección, de tal manera que no se puede abrir la puerta sin la previa apertura del interruptor.

Las puertas de acceso al transformador (Punto 4 de la Figura 13) sólo se pueden abrir desde el interior mediante un dispositivo mecánico.

El transformador tendrá un termómetro (Figura 18) para que, cuando su temperatura alcance valor peligroso, indicador rojo, de orden de desconexión.

#### C- Celdas de alta tensión

##### SEGURIDAD EN CELDAS SM6

Las celdas tipo SM6 dispondrán de una serie de enclavamientos funcionales que responden a los definidos por la Norma UNE-EN 60298, y que serán los siguientes:

- ✓ Sólo será posible cerrar el interruptor con el seccionador de tierra abierto y con el panel de acceso cerrado.



- ✓ El cierre del seccionador de puesta a tierra sólo será posible con el interruptor abierto.
- ✓ La apertura del panel de acceso al compartimento de cables sólo será posible con el seccionador de puesta a tierra cerrado.
- ✓ Con el panel delantero retirado, será posible abrir el seccionador de puesta a tierra para realizar el ensayo de cables, pero no será posible cerrar el interruptor.
- ✓ Además de los enclavamientos funcionales ya definidos, algunas de las distintas funciones se enclavarán entre ellas mediante cerraduras según se indica en anteriores apartados.

#### **5.1.13.4. CUADRO GENERAL DE BT.**

Se trata de un edificio de pública concurrencia por lo que la instalación debe disponer de alumbrado de emergencia. No debe disponer de una fuente de energía complementaria, ya que según la ITC-28 , apartado 2.3 los locales de reunión, trabajo y usos sanitarios con una ocupación prevista de menos de 300 personas se encuentran liberados de esta instalación.

#### **5.1.14. INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS**

##### **5.1.14.1. ALUMBRADO**

Para la alimentación de las redes de alumbrado debe tenerse la precaución de asegurar que la protección de estas se ubicará en el cuadro de servicios de alumbrados de las salas de los cuadros de BT y de las extracciones de aire de estos recintos, que contempla la importancia de la intensidad de cortocircuito, que por su proximidad al CGBT tendrán estas redes. Los conductores serán de ESO7Z1-K(AS) canalizados en tubo rígido libre de halógenos.

##### **A- ALUMBRADO NORMAL**

En el interior del CT se instalarán los puntos de luz necesarios para proporcionar una iluminación media de 210 lux.

Las luminarias serán estancas, con grado de protección IP-65, y se instalarán en lugares que permitan su mantenimiento sin peligro de contactos con las partes en tensión del CT.



## B- ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Consideramos el recinto del CT como de alto riesgo, en el que puede estar el personal de mantenimiento trabajando y tener necesidad de iluminación para asegurar, durante un determinado tiempo una iluminación suficiente.

Se instalarán aparatos autónomos de emergencia con lámparas fluorescentes, con flujos luminosos de 160 lúmenes y reserva de una hora. Tanto en el recinto como en sus vías de evacuación.

### 5.1.14.2. CONTRAINCENDIOS

En el recinto del Centro de Transformación, se incluirá un extintor de eficacia 89B.

La resistencia ante el fuego de los elementos delimitadores y estructurales será RF-180 y la clase de materiales de suelos, paredes y techos M0 según Norma UNE 23727.

Las puertas abrirán hacia la dirección de salida

### 5.1.14.3. VENTILACIÓN

La ventilación será natural y tendrá unas rejillas capaces de disipar el calor producido por un transformador de 100 kVA.

Las rejillas de ventilación (Punto 5 de la Figura 13) están formadas por lamas en forma de "V" invertida, diseñadas para formar un laberinto que evita la entrada de agua de lluvia en el Centro de Transformación y se complementa cada rejilla interiormente con una malla mosquitera.





## 5.2. CUADRO GENERAL DE BAJA TENSIÓN (CGBT) Y DE CIRCUITOS DE SEGURIDAD

Su destino será alojar todos los dispositivos de seccionamiento y protección de los circuitos de llegada ( transformador ) y salida para el cuadro secundario de la planta baja y tomas eléctricas. Estando independizados ambos servicios.

El CGBT previsto está constituido por una envolvente metálica formada por paneles adosados, provistos de doble puerta delantera: la primera transparente bloqueada por cerradura; la segunda metálica y troquelada para dejar accesibles los mandos de los interruptores automáticos ocultando al propio tiempo las conexiones y partes metálicas en tensión. Todos sus elementos y aparataje serán accesibles por la parte delantera, no siendo necesario para la sustitución y/o reparación de cualquier elemento acceder a la parte trasera.

Los embarrados y cableados soportarán los efectos térmicos,electromagnéticos y resonantes que la red las puede solicitar. Así mismo, los conductores serán no propagadores de incendio ni llama y de baja emisión de humos y las canaletas no propagadoras de la llama.

Todos los interruptores automáticos de protección, tanto de llegada como de salida, se preverán de corte omnipolar, con relés magnetotérmicos tetrapolares regulados a la intensidad máxima admisible por el circuito que hayan de proteger, y tendrán un poder de corte mínimo de 20kA a 400V. En la elección de estos interruptores automáticos, se tendrán presentes criterios de selectividad frente a cortocircuitos, garantizados por el fabricante de la aparataje con respecto a los interruptores automáticos de los escalones sucesivos de protección. Todos los interruptores de protección de salidas a cuadros secundarios dispondrán de D.D.R. con regulación de tiempo e intensidad de disparo si no los presentan en sus correspondientes salidas de cuadros secundarios. Así mismo dispondrán de contactos de estado para el control general.

Su construcción corresponderá con lo indicado en el Pliego de Condiciones de este proyecto, siendo su contenido y forma de conexión el reflejado en planos de esquemas adjuntos.

Dispondrá de un 20% de reserva de espacio cable.



### 5.3. CUADRO SECUNDARIO DE PROTECCIÓN EN PLANTA BAJA (CS)

En el cuadro secundario se alojará todos los dispositivos de protección contra sobrecalentamientos, cortocircuitos y corrientes de defecto de los circuitos de distribución para puntos de luz y tomas de corriente. Así como los contactos de estado de los diferenciales.

Las envolventes proyectadas para el CS será para montaje empotrado o de superficie construidas con chapa electrocincada con tapas de protección de material plástico aislante y auto extingible. Dispondrán de doble puerta frontal, la primera transparente y bloqueada mediante cerradura con llave maestra de seguridad; la segunda, troquelada para paso de mandos manuales de interruptores, estará fijada por tornillos. El grado de protección de esta envolvente será IP acorde con el local donde se instalen y su altura de montaje salvará el rodapié de 15 mm existente.

En su interior se alojarán los interruptores generales manuales de corte en carga para llegadas, interruptores automáticos subgenerales de bloque con Dispositivos de Disparo por corriente Residual (DDR) con sensibilidad de 30 mA como protección contra contactos indirectos, y los interruptores automáticos magnetotérmicos de protección para los circuitos de salida destinados a la alimentación de puntos de luz y tomas de corriente.

Los circuitos de distribución se protegerán individualmente con interruptores automáticos magnetotérmicos de 2x10 A para el alumbrado y de 2x16 A para los de tomas de corriente normales. Las superiores a 16 A se protegerán con automáticos independientes para uso exclusivo, dimensionados a la intensidad propia de la toma.

### 5.4. LÍNEAS PRINCIPALES

Estas líneas son las que enlazarán las bornas de BT de transformador con el CGBT.

Para la conexión Transformador-Cuadro General serán en cable de cobre con aislamiento en polietileno reticulado, no propagador del incendio, bajo en la emisión de humos, correspondiendo con la designación RZ1-0,6/1 kV-K(AS).

Las secciones de los conductores serán capaces de soportar sin sobrecalentamiento la potencia instalada, la potencia de cortocircuito sin superar los 250 °C en el tiempo de corte del



interruptor automático que le protege, y no superar caídas de tensión que sobrepasen los permitidos por el Reglamento Vigente.

Se realizará bajo tubo reglamentario directamente enterrado y montaje superficial, empotrada en obra y por falso techo bajo tubo corrugado libre de halógenos de DN20 y/o DN25.

Para la conexión de los cables a las bornas de interruptores, se utilizarán terminales metálicos, que se unirán a los cables por presión mediante útil hexagonal que garantice una perfecta conexión sin reducción aparente de la sección.

En el interior de los cuadros, estos cables se fijarán al bastidor de los mismos a fin de liberar a las conexiones de tensiones mecánicas.

Los circuitos quedarán identificados mediante etiquetas donde vendrá indicado su destino, cuadro de procedencia, interruptor que le protege y características propias del cable.

## **5.5. LÍNEAS DE DERIVACIÓN A CUADROS SECUNDARIOS Y TOMAS ELÉCTRICAS**

Estarán destinadas a enlazar los interruptores automáticos de salida del CGBT con el cuadro secundario de la planta baja (CS) y tomas eléctricas (TE).

Los cables previstos serán en cobre, y su instalación será en bandeja metálica perforada sin tapa y puesta a tierra hasta los Cuadros Secundarios (CS).

El cálculo de las secciones de los conductores se realizará para soportar sin sobrecalentamientos:

-La máxima intensidad solicitada por la carga instalada.

-La intensidad de cortocircuito calculada en el punto de partida del circuito.

Su realización será en conductor de cobre con aislamiento en polietileno reticulado, autoextinguible, bajo en la emisión de humos, correspondiendo con la designación R Z1-0,6/1 kV-K (AS).



Además, los valores de las caídas de tensión máximas para las potencias de plena carga no deberán superar los indicados en el Reglamento Vigente.

## 5.6. DISTRIBUCIONES EN PLANTAS

Comprenderá el cableado, a partir de las bornas de salida del CS y CGBT hasta puntos de luz, tomas de corriente para usos varios, etc.

La realización de los circuitos será por lo general en tubo plástico flexible libre de halógenos no propagadores de la llama reforzado para instalaciones empotradas u ocultas por falsos techos. Cuando la instalación deba ser vista, se realizará con tubo de acero o plástico rígido libre de halógenos no propagador de la llama para curvar en caliente. Para la fijación del tubo de plástico flexible reforzado se utilizarán bridas de cremallera tipo UNEX o equivalente. Para el tubo de acero o plástico rígido se utilizará en todos los casos abrazadera metálica adecuada al diámetro del tubo.

Los conductores a utilizar serán de cobre, con aislamiento V-750, no propagador del fuego ni llama y baja emisión de humos, designación H07Z1-U (AS) y H07Z1-R (AS). Los cables serán de hilo rígido y en caso de utilizarse cable H07Z1-K (AS), sus conexiones se realizarán en todos los casos con terminales de presión.

El tamaño de cajas de registro será adecuado al número y diámetro de los tubos a alojar, debiéndose utilizar cajas Manile o serie Plexo de Legrand en canalizaciones vistas.

Los mecanismos a instalar serán como mínimo de 10 A en interruptores destinados a alumbrado y de 16 A para tomas de corriente.

Las tomas eléctricas no previstas con mecanismo, se dejarán en una caja de registro provista de bornas de conexión.

Los colores de los conductores corresponderán con el código establecido en el REBT.

Para el alumbrado especial destinado a emergencia y señalización se utilizarán unidades con 1 hora de autonomía.

## 5.7. ALUMBRADO DE INTERIORES

En este apartado se pretende exponer la necesidad de utilización de diferentes tipos de luminarias dependiendo de las necesidades propias de cada zona del edificio, estas necesidades deben cumplir los mínimos establecidos en la sección SU 4 del nuevo Código Técnico de la Edificación.

Según indica el Código Técnico de la Edificación en su sección SU-4 (Seguridad frente al riesgo causado por iluminación adecuada), en cada zona se dispondrá una instalación de alumbrado, capaz de proporcionar como mínimo, el nivel de iluminación que se establece en la tabla siguiente medido a nivel de suelo:

**Tabla 9. Niveles medios de iluminación por zonas**

		ZONAS	ILUMINANCIA MÍNIMA (lux)
INTERIOR	Exclusiva para personas	Escaleras	75
		Resto de zonas	50
	Para vehículos o mixta		50

El nivel de uniformidad media será del 40% como mínimo.

Los niveles medios de iluminación considerados para las diversas dependencias serán a modo de ejemplo y que cumplen con lo establecido en el C.T.E. son:

**Tabla 10. Niveles medios de iluminación por dependencia**

PASILLOS	150
VESTÍBULOS	250
ARCHIVOS	150
AULAS	500
ASEOS	200

Se tendrá en cuenta por lo especificado en la sección HE 3 del Código Técnico de la Edificación que todas las zonas dispondrán al menos de un sistema de encendido y apagado manual, cuando no disponga de otro sistema de control.



La iluminación directa central de ambiente de las aulas, pasillos, almacén y las estancias destinadas a uso administrativo se realiza con pantallas de fluorescentes de 4 x 18 W.

La iluminación de los aseos, así como la de la escalera que comunica la planta baja con la planta primera se realiza con lámparas tipo downlight de 1 x 57 W.

La situación de todos los elementos que componen la iluminación, así como el circuito al que pertenecen, puede apreciarse claramente en los planos adjuntos.

### ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Según el Código Técnico en la sección SU-4, Seguridad Frente al Riesgo Causado por Iluminación Inadecuada, el local deberá disponer de un alumbrado de emergencia que, en caso de fallo del alumbrado normal, suministre la iluminación necesaria para facilitar la visibilidad a los usuarios de manera que puedan abandonar el edificio, evite las situaciones de pánico y permita la visión de las señales indicativas de las salidas y la situación de los equipos y medios de protección existentes. Contarán con alumbrado de emergencia las zonas y los elementos siguientes:

- ✓ Todo recinto cuya ocupación sea mayor que 100 personas.
- ✓ Todo recorrido de evacuación.
- ✓ Los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección contra incendios.
- ✓ Los aseos generales de planta en edificios de uso público.
- ✓ Los lugares en los que se ubican cuadros de distribución o de accionamiento de la instalación de alumbrado de las zonas antes citadas.
- ✓ Las señales de seguridad.

Con el fin de proporcionar una iluminación adecuada las luminarias cumplirán las siguientes condiciones:

- ✓ Se situarán al menos a 2 m por encima del nivel del suelo.



- ✓ Se dispondrá una en cada puerta de salida y en posiciones en las que sea necesario destacar un peligro potencial o el emplazamiento de un equipo de seguridad.

Como mínimo se dispondrán en los siguientes puntos:

- ✓ En las puertas existentes en los recorridos de evacuación.
- ✓ En las escaleras, de modo que cada tramo de escaleras reciba iluminación directa.
- ✓ En cualquier otro cambio de nivel.
- ✓ En los cambios de dirección y en las intersecciones de pasillos.

Las luminarias de emergencia tendrán unas características de instalación que cumplan los siguientes criterios:

- ✓ La instalación será fija, estará provista de fuente propia de energía y debe entrar automáticamente en funcionamiento al producirse un fallo de alimentación en la instalación de alumbrado normal en las zonas cubiertas por el alumbrado de emergencia. Se considera como fallo de alimentación el descenso de la tensión de alimentación por debajo del 70% de su valor nominal.
- ✓ El alumbrado de emergencia de las vías de evacuación debe alcanzar al menos el 50% del nivel de iluminación requerido al cabo de los 5 s y el 100% a los 60 s.
- ✓ La instalación cumplirá las condiciones de servicio que se indican a continuación durante una hora, como mínimo, a partir del instante en que tenga lugar el fallo:
  - En las vías de evacuación cuya anchura no exceda de 2 m, la iluminancia horizontal en el suelo debe ser, como mínimo, 1 lux a lo largo del eje central y 0,5 lux en la banda central que comprende al menos la mitad de la anchura de la vía. Las vías de evacuación con anchura superior a 2 m pueden ser tratadas como varias bandas de 2 m de anchura, como máximo.
  - En los puntos en los que estén situados los equipos de seguridad, las instalaciones de protección contra incendios de utilización manual y los



cuadros de distribución del alumbrado, la iluminancia horizontal será de 5 lux, como mínimo.

- A lo largo de la línea central de una vía de evacuación, la relación entre la iluminancia máxima y la mínima no debe ser mayor que 40:1.
- Los niveles de iluminación establecidos deben obtenerse considerando nulo el factor de reflexión sobre paredes y techos y contemplando un factor de mantenimiento que englobe la reducción del rendimiento luminoso debido a la suciedad de las luminarias y al envejecimiento de las lámparas.
- Con el fin de identificar los colores de seguridad de las señales, el valor mínimo del índice de rendimiento cromático Ra de las lámparas será 40.

Las luminarias serán con lámpara fluorescente, cumpliendo con la normativa de PCI de la comunidad de Madrid, el REBT (ITC-BT-28), el Código Técnico de la Edificación y demás Reglamentaciones y Normativas vigentes que sean de aplicación.

## **5.8. RED DE PUESTA A TIERRA Y SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS**

Para la seguridad de la instalación y funcionamiento de las protecciones contra contactos indirectos se establecen los siguientes sistemas de puesta a tierra:

- ✓ Sistema de tierra de protección de AT (ver punto 2.5.1.13.2 del Centro de Transformación)
- ✓ Sistema de tierra de protección de BT.
- ✓ Sistema de tierra de los Neutros de Transformadores.

Todos tendrán sus bornas principales de tierra con posibilidad de seccionamiento para comprobaciones.

Se realizarán con conductores de cobre desnudo con sección mínima de 50  $mm^2$  los electrodos de Protección de AT.





Los de protección de BT y de Neutros se realizarán con conductores aislados de secciones diversas según el reglamento de BT.

Los conductores de protección y conductores de tierra cumplirán las necesidades mínimas en cada caso y soportarán las corrientes de cortocircuito que marcan el Reglamento de BT y los cálculos correspondientes.

La coordinación del funcionamiento de las protecciones por sobreintensidades y por corriente residual, determinarán las necesidades de las resistencias a tierra de los distintos sistemas, para evitar tensiones supuestas de defecto, que puedan provocar la superación de los límites de intensidad y tiempo permitidos para el cuerpo humano o las tensiones mínima aplicables a las instalaciones.

Siempre cumpliendo los distintos ITC-BT del Reglamento de BT que le sean de aplicación y las normas UNE correspondientes.

## 5.9. PARARRAYOS

Se preverá un pararrayos para cubrir la totalidad del edificio. El pararrayos elegido será del tipo con dispositivo de cebado para un NIVEL II con mástil de 6 metros de altura y un radio de acción de 60 metros. Su instalación responderá a las exigencias de la norma SU-8 del Código Técnico de la Edificación.

Este pararrayos irá instalado en la parte más alta del edificio sobre un mástil fijado a muro con piezas de anclaje en "U". Su puesta a tierra será independiente y se realizará mediante cable desnudo de 50 mm<sup>2</sup> que enlazará la cabeza del pararrayos con los 3 electrodos de la propia puesta a tierra, que a su vez se interconectará con la de la estructura a través de un seccionador alojado en caja aislante protectora.

El sistema tendrá dos conductores de bajada que respetarán las distancias mínimas de seguridad con las masas metálicas cercanas, discurriendo estas bajadas por la fachada exterior.



## 5.10. CONCLUSIONES

Esta memoria descriptiva forma parte de un conjunto de documentos que dan lugar al proyecto de diseño de la instalación eléctrica de un Centro Docente: estos documentos son, además de la memoria; cálculos justificativos; pliego de condiciones; presupuesto y planos.

La coordinación de todos ellos define la obra a realizar.

La calidad de materiales a emplear no será inferior a las indicadas.

Las soluciones adoptadas no podrán modificarse sin la previa autorización escrita de la dirección facultativa.

Toda la instalación cumplirá, en cualquier caso, con las normativas vigentes.

Se entiende que en las instalaciones se incluyen todos los medios auxiliares y pequeño material necesario para el correcto montaje y funcionamiento de las mismas.

Asimismo se incluyen todas las pruebas necesarias y documentación para la legalización, funcionamiento y regulaciones de las instalaciones.

Se trata por tanto de la instalación eléctrica de un local que cumple con toda la legislación vigente, y que en algunos casos se ha dimensionado con la posibilidad de ampliaciones o futuras mejoras. Se han utilizado materiales de marcas líderes en el sector, que unido al adecuado dimensionamiento de los equipos dan una garantía adicional a la instalación.



# CÁLCULOS

# JUSTIFICATIVOS



## ÍNDICE

<b>1. INSTALACIÓN DE ALTA TENSIÓN .....</b>	<b>60</b>
<b>1.1. INTENSIDADES A PLENA CARGA.....</b>	<b>60</b>
1.1.1. Intensidad nominal en alta tensión .....	60
1.1.2. Intensidad en Baja Tensión.....	61
<b>1.2. INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO .....</b>	<b>61</b>
1.2.1. Cortocircuito en Alta Tensión .....	61
1.2.2. Cortocircuito en Baja Tensión .....	62
<b>1.3. DIMENSIONAMIENTO DEL EMBARRADO EN ALTA TENSIÓN .....</b>	<b>62</b>
1.3.1. Intensidad nominal máxima admisible.....	62
1.3.2. Frecuencia propia de oscilación del embarrado.....	62
1.3.3. Solicitación electrodinámica.....	63
1.3.4. Solicitación térmica.....	63
1.3.5. Comprobación por densidad de corriente.....	64
<b>1.4. DIMENSIONAMIENTO DE LA VENTILACIÓN .....</b>	<b>64</b>
<b>1.5. ALIMENTACIÓN EN MT.....</b>	<b>65</b>
<b>1.6. ACOMETIDA DESDE CS A CT .....</b>	<b>65</b>
<b>1.7. PUENTES DE MT .....</b>	<b>65</b>
<b>1.8. PUESTAS A TIERRA.....</b>	<b>66</b>
<b>2. INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN .....</b>	<b>66</b>
<b>2.1. JUSTIFICACIÓN DEL MÉTODO DE CÁLCULO EMPLEADO .....</b>	<b>66</b>
<b>2.2. HOJA DE CÁLCULO .....</b>	<b>68</b>
<b>2.3. INTERPRETACIÓN DE LAS HOJAS DE CÁLCULO .....</b>	<b>71</b>
<b>2.4. CÁLCULO DE LÍNEAS.....</b>	<b>72</b>
<b>2.5. CÁLCULO DE BARRAJES EN EL CGBT.....</b>	<b>76</b>
<b>2.6. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA .....</b>	<b>78</b>
2.6.1. Características del suelo .....	78
2.6.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo correspondiente de eliminación de defecto .....	78



2.6.3.	Diseño preliminar de la instalación de tierra.....	78
2.6.4.	Cálculo de la resistencia del sistema de tierras .....	80
2.6.5.	Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.....	81
2.6.6.	Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.....	81
2.6.7.	Cálculo de las tensiones aplicadas .....	82
2.6.8.	Investigación de tensiones transferibles al exterior .....	83
2.6.9.	Red de puesta a tierra de la Estructura del edificio.....	83
2.6.10.	Red de puesta a tierra para Protección en Baja Tensión.....	84
2.6.11.	Protección contra contactos indirectos.....	84

## 1. INSTALACIÓN DE ALTA TENSIÓN

Dispone de un Centro de Transformación, dotado de un transformador de 100 Kva, cuya construcción está condicionada por la normativa correspondiente debidamente admitida por la Cía.

La acometida de Cía. se realizará al Centro de Transformación respondiendo a las características eléctricas facilitadas por la propia Cía.:

**Tabla 11. Características de la acometida al Centro de Transformación**

Tensión nominal	15 kV
Potencia de cortocircuito	350 MVA
Sistema de puesta a tierra del neutro	Reactancia limitadora para 500 A
Intensidad máxima de cortocircuito	500 A
Tiempo máximo de disparo	0,5 segundos

La potencia total de 100 kVA es suministrada mediante un transformador de aislamiento en seco, con una tensión de cortocircuito  $V_{cc} = 6\%$  y unas pérdidas totales máximas en el cobre y en el hierro, de 1,75 KW, y a 75 °C, siendo la tensión en baja y en vacío de 400/231 V.

### 1.1. INTENSIDADES A PLENA CARGA

#### 1.1.1. Intensidad nominal en alta tensión

En un sistema trifásico, la intensidad primaria  $I_p$  viene determinada por la expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} V_p}$$

Donde:

- $I_p$ =Intensidad primaria del transformador en A.
- S= Potencia aparente del transformador en kVA.
- $V_p$ = tensión primaria del transformador en kV.

Sustituyendo valores, tendremos:

Potencia del transformador (kVA)	$I_p$ (A)
100	3,8

### 1.1.2. Intensidad en Baja Tensión

En un sistema trifásico la intensidad secundaria  $I_s$  viene determinada por la expresión:

$$I_s = \frac{S - W_{fe} - W_{cu}}{\sqrt{3} \cdot V_s}$$

Donde:

- $I_s$  = Intensidad primaria del transformador en A.
- $S$  = Potencia aparente del transformador en kVA.
- $W_{fe}$  = Pérdidas en el hierro.
- $W_{cu}$  = Pérdidas en el cobre.
- $V_s$  = tensión primaria del transformador en kV.

Sustituyendo valores, tendremos:

Potencia del transformador (kVA)	$I_s$ (A)
100	141,81

## 1.2. INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO

### 1.2.1. Cortocircuito en Alta Tensión

Para la potencia de cortocircuito de la red de Alta Tensión facilitada por la Compañía Suministradora de  $P_{cc1} = 350$  MVA se tiene:

- $P_{cc1}$  = Potencia de cortocircuito de la Red de Alta Tensión en MVA.
- $U_1$  = Tensión compuesta Primaria en kV.
- $I_{cc1}$  = Corriente de cortocircuito trifásico en Alta Tensión, en kA eficaces

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

Donde:

- $I_{ccp}$  = intensidad de cortocircuito primaria en kA.
- $S_{cc}$  = potencia de cortocircuito de la red en MVA.
- $V_p$  = tensión de línea primaria en kV.

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V_P} = \frac{350}{\sqrt{3} \cdot 15} = 13,5 \text{ kA}$$

La aparamenta prevista es de hasta 16 kA eficaces durante 1 segundo. Valor admitido por la Compañía suministradora.

### 1.2.2. Cortocircuito en Baja Tensión

Se calcula con la expresión utilizada para un transformador:

$$I_{CCS} = \frac{100 \cdot S_{CC}}{\sqrt{3} \cdot E_{CC} \cdot V_S}$$

Donde:

- $I_{CCS}$ = intensidad de cortocircuito secundaria en kA.
- S trafo= potencia aparente del transformador en kVA.
- $V_S$ = tensión de línea secundaria en kV.
- $E_{CC}$ = tensión porcentual de cortocircuito.

$$I_{CCS} = \frac{100 \cdot S_{CC}}{\sqrt{3} \cdot E_{CC} \cdot V_S} = \frac{100 \cdot 100}{\sqrt{3} \cdot 4 \cdot 0,42} = 3,4 \text{ kA}$$

En este caso la corriente de cortocircuito será 3,4 kA en bornas de BT del transformador. Si se considera la línea de BT de enlace con el barraje del CGBT y la línea de AT, su valor será inferior. En los cálculos justificativos de BT se facilita este dato.

## 1.3. DIMENSIONAMIENTO DEL EMBARRADO EN ALTA TENSIÓN

### 1.3.1. Intensidad nominal máxima admisible

En el punto 3.1.1.1 se ha obtenido el valor de 3,8 A de corriente que circulará por el embarrado de las celdas. Esto implica que el embarrado de las celdas a instalar deberá estar dimensionado para esa corriente como mínimo. Los principales fabricantes de celdas tienen normalizados los valores de 400 y 630 A, de intensidad nominal. En este caso serían válidas las celdas de intensidad nominal de 400 A.

### 1.3.2. Frecuencia propia de oscilación del embarrado

Teniendo en cuenta que los esfuerzos electrodinámicos del cortocircuito son pulsatorios de frecuencia principal propia, doble que la de las corrientes que los crean, se ha de elegir una distancia entre apoyos de los embarrados, tal que, en función de la barra escogida (en este caso tubo de diámetro exterior 2,4 cm), dé un cociente entre ambas frecuencias que debe diferir sensiblemente de 3.

La expresión por la que se rige esta frecuencia de oscilación es:

$$f = 50 \times 10^4 \frac{b}{L^2}$$



Donde es:

- b= Longitud en cm de la barra que puede vibrar libremente, medida en el sentido del esfuerzo ( en este caso 2,4cm).
- L= Longitud en cm medida entre apoyos del embarrado (en este caso 37,5 cm)

Dividiendo los dos miembros de la expresión por 50 (frecuencia de la corriente eléctrica), se tiene:

$$\frac{f}{50} = \frac{50 \times 10^4 b}{50 \times L^2} = 10^4 \frac{2,4}{37,5^2} = 17$$

### 1.3.3. Solicitación electrodinámica

La comprobación por solicitud electrodinámica tiene como objeto verificar que los elementos conductores de las celdas incluidas en este proyecto son capaces de soportar el esfuerzo mecánico derivado de un defecto de cortocircuito entre fases.

Para las celdas modelo RM6 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo 51168210XB realizado por VOLTA.

Para las celdas modelo SM6 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo 51249068XA realizado por VOLTA.

Los ensayos garantizan una resistencia electrodinámica de 40kA.

### 1.3.4. Solicitación térmica

La comprobación por solicitud térmica tiene como objeto comprobar que por motivo de la aparición de un defecto o cortocircuito no se producirá un calentamiento excesivo del elemento conductor principal de las celdas que pudiera así dañarlo.

Para las celdas modelo RM6 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo 51168210XB realizado por VOLTA.

Para las celdas modelo SM6 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo 51249068XA realizado por VOLTA.

Los ensayos garantizan una resistencia térmica de 16kA 1 segundo.

### 1.3.5. Comprobación por densidad de corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene como objeto verificar que no se supera la máxima densidad de corriente admisible por el elemento conductor cuando por él circule una corriente igual a la corriente nominal máxima.

Para las celdas modelo RM6 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo 51168218XB realizado por VOLTA.

Para las celdas modelo SM6 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo 51249139XA realizado por VOLTA.

## 1.4. DIMENSIONAMIENTO DE LA VENTILACIÓN

Los transformadores, por sus características constructivas, sufren unas pérdidas de potencia que disipan en forma de calor, este calor calienta el aire de la celda que los contiene; por lo que resulta necesaria la renovación del aire para mantener al transformador en una temperatura adecuada de funcionamiento.

El edificio de hormigón prefabricado dispone de unas rejillas de ventilación adecuadamente colocadas para la refrigeración del transformador aprovechando la convección de aire provocada por el calentamiento del mismo.

Se adoptará un sistema de ventilación natural.

Para el cálculo de la superficie mínima de las rejillas de entrada de aire en el edificio del centro de transformación, se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{0,24 \cdot k \sqrt{h} \cdot \Delta T^3}$$

$W_{cu}$  = Pérdidas en el cobre del transformador, en kW.

$W_{fe}$  = Pérdidas en el hierro del transformador, en kW.

$k$  = Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada de aire, 0,5.

$h$  = Distancia vertical entre centros de las rejillas de entrada y salida, en m.

$\Delta T$  = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, 15°C.

$S_r$  = Superficie mínima de la rejilla de entrada de ventilación del transformador, en m<sup>2</sup>.

Y obtenemos:

Potencia del transformador (kVA)	Potencia de pérdidas (kW)	Superficie mínima (m)
100	1,75	0,225



No obstante, puesto que se utilizan edificios prefabricados de Schneider, éstos han sufrido ensayos de homologación en cuanto al dimensionado de la ventilación del centro de transformación.

Para el cálculo del caudal de aire necesario para la ventilación se aplicará la siguiente expresión:

$$\text{Caudal (m}^3\text{/h)} = \text{Pérdidas (kW)} \times 216$$

De esta manera, tenemos que:

Potencia del transformador (kVA)	Potencia de pérdidas (kW)	Caudal ( m <sup>3</sup> /h )
100	1,75	378

Siendo el caudal total necesario de 378 m<sup>3</sup>/h.

## 1.5. ALIMENTACIÓN EN MT

La Cia. Suministradora permitirá la conexión del CT a 15 kV con conductores de características determinadas por ella, que se conectarán directamente a las celdas de entrada y salida. Estas celdas estarán construidas bajo normas que garantizan el cumplimiento de las condiciones de tensiones nominales y de pruebas, exigidas.

Asimismo cumplirán las condiciones exigidas para las intensidades nominales y de cortocircuitos citadas.

## 1.6. ACOMETIDA DESDE CS A CT

La conexión entre el CS y el CT ira a través de cables unipolares de Aluminio de aislamiento seco RHZ1 12/20 kV de 95 mm<sup>2</sup> de sección. El tiempo máximo admisible que estos cables soportan una sobreintensidad debido a un cortocircuito y la densidad de corriente admisible por este tipo de cable son los mismos que los calculados para los puentes de media tensión del apartado siguiente.

## 1.7. PUENTES DE MT

Se han previsto unos puentes trifásicos de AT de aislamiento seco RHZ1, 12/20 kV de 95 mm<sup>2</sup> en Al con sus correspondientes elementos de conexión, desde la celda de protección del transformador hasta su correspondiente transformador.

Teniendo en cuenta que el cable utilizado para estos puentes transportará 100 kVA, que equivalen a 3,8 A y que, siendo su sección de 95 mm<sup>2</sup>, la densidad de corriente será de:

$$\delta = \frac{3,8}{95} = 0,04 \text{ A/mm}^2$$

que es claramente inferior a la máxima densidad admisible para este tipo de cable.

El tiempo máximo que estos cables soportarán una sobreintensidad debida a un cortocircuito será:

$$t = \left(\frac{116 \times S}{I_{cc}}\right)^2 = \left(\frac{116 \times 95}{10100}\right)^2 = 1,190s$$

Por lo tanto, el tiempo escogido para el disparo de los relés debe ser inferior a estos 1,190 segundos, que soporta la intensidad de cortocircuito del cable en estudio.

### 1.8. PUESTAS A TIERRA

Se dispondrá de un sistema TT de tierras, manteniendo el neutro del transformador separado del sistema de tierras del edificio.

## 2. INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN

### 2.1. JUSTIFICACIÓN DEL MÉTODO DE CÁLCULO EMPLEADO

El método de cálculo utilizado corresponde a una acometida para el abonado en Alta Tensión, corriente alterna 50 Hz, con una potencia de cortocircuito previsible de 350 MVA a la tensión de 15 kV.

En estas condiciones de suministro, el nuevo Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, en su ITC-BT-19, establece que las caídas de tensión máxima admisibles a plena carga deben ser iguales o inferiores al 4,5% en alumbrado y del 6,5% en fuerza, consideradas a partir de las bornas de baja del transformador hasta el punto más alejado de la instalación. Estas caídas de tensión hasta los Cuadros Secundarios, han sido calculadas teniendo en cuenta las resistencias y reactancias de los conductores a 60°C y 50Hz.

Las fórmulas aplicadas para la acometida en Alta Tensión y para los transformadores de potencia han sido deducidas del diagrama del transformador reducido al secundario, por ello están en función de la tensión secundaria entre fases U<sub>2</sub>.

En el formulario adjunto utilizado se representa por:

**Zf2** = Impedancia de fase del elemento conductor resultante en miliohmios (mΩ).

**Rf2** = Resistencia óhmica de fase del elemento conductor resultante en miliohmios (mΩ).

**Xf2** = Reactancia de fase del elemento conductor resultante en miliohmios (mΩ).

**Pcc1** = Potencia de cortocircuito en la acometida de AT, dada en MVA.

**U1** = Tensión compuesta de la acometida de AT, dada en kV.

**U2** = Tensión compuesta del secundario (BT) de transformadores en vacío, dada en Voltios.



**P<sub>t</sub>** = Potencia nominal del transformador, dada en kVA.

**V<sub>cc</sub>** = Tensión de cortocircuito del transformador, dada en %.

**W<sub>c</sub>** = Pérdidas totales en el cobre para los devanados del transformador obtenidas en el ensayo de cortocircuito, dadas en Vatios.

**L** = Longitud del circuito, dada en metros.

**N** = Número de conductores por fase que constituyen el circuito.

**S** = Sección del conductor utilizado para el circuito, dado en milímetros cuadrados ( $mm^2$ ).

**r<sub>e</sub>** = Resistencia específica del conductor a la temperatura de 60° C, dada en ohmios/kilómetro ( $\Omega/km$ ).

**x<sub>e</sub>** = Reactancia específica del conductor, dada en ohmios/kilómetro ( $\Omega/km$ ).

**e<sub>R2</sub>** = Caída de tensión por fase en la resistencia óhmica bajo la intensidad de plena carga, obtenida en Voltios.

**e<sub>X2</sub>** = Caída de tensión por fase en la reactancia bajo la intensidad de plena carga, obtenida en Voltios.

**e<sub>Z2</sub>** = Caída de tensión por fase en la impedancia bajo la intensidad de plena carga, obtenida en Voltios.

**cos $\phi$**  = Factor de potencia de la carga.

**e<sub>2%</sub>** = Caída de tensión por fase en %.

**V<sub>2</sub>** = Tensión simple de fase en secundario (BT) de transformadores en vacío, dada en Voltios.

**V<sub>c</sub>** = Tensión simple de fase en bornas de la carga, dada en Voltios.

**V<sub>co</sub>** = Tensión simple de fase en las bornas de BT de transformadores a plena carga, dada en Voltios, y que se toma como origen para el cálculo de las caídas de tensión.

**I<sub>cc2</sub>** = Intensidad de cortocircuito trifásico máximo (valor eficaz), dado en kiloamperios (kA).

**I** = Intensidad máxima admisible por el circuito utilizado, calculada según REBT, dada en Amperios.

**I<sub>2</sub>** = Intensidad aparente por fase obtenida para la potencia instalada, dada en Amperios.

**I<sub>c2</sub>** = Intensidad aparente por fase obtenida como de plena carga en aplicación de los coeficientes de simultaneidad, dada en Amperios.

**t** = Tiempo máximo que puede mantenerse el circuito utilizado en servicio, sometido a la I<sub>cc2</sub> calculada para él en el punto del cortocircuito. Su valor viene dado en segundos.



## 2.2. HOJA DE CÁLCULO

Mediante la aplicación de las fórmulas a los circuitos y elementos de la instalación diseñada (reflejada en esquemas del proyecto), se obtienen los diferentes valores que en las columnas de las Hojas de Cálculo siguientes se indican.



**Tabla 12. Formulario utilizado para los cálculos eléctricos de la instalación.**

FORMULARIO UTILIZADO		
1) LÍNEA ACOMETIDA ALTA TENSIÓN	2) TRANSFORMADOR POTENCIA (Pt)	3) LÍNEA DE BAJA TENSIÓN CABLE
$Zf_2 = \frac{U_2^2}{P_{CC1}} \times 10^{-3}$ $Rf_2 = \frac{U_2^2}{P_{CC1}} \times 10^{-3} \cos \varphi$ $Rf_2 = \frac{U_2^2}{P_{CC1}} \times 10^{-3} \sin \varphi$ <p>Valores:            Cos <math>\varphi = 0,15</math>            Sen <math>\varphi = 0,99</math></p> <p><math>U_2 =</math> Tensión compuesta secundario en vacío</p>	$Zf_2 = \frac{V_{cc}}{100} \times \frac{U_2^2}{Pt}$ $Rf_2 = \frac{W_c \times U_2^2}{P_t^2} \times 10^{-3}$ $Xf_2 = \sqrt{Zf_2^2 - Rf_2^2}$ <p><math>P_t =</math> Potencia del transformador  <math>W_c =</math> Pérdidas totales en el cobre del transformador  <math>V_{cc} =</math> Tensión de cortocircuito del transformador</p>	$Rf_2 = r_e \times \frac{L}{N}$ $Xf_2 = X_e \times \frac{L}{N}$ $I_{cc2} = \frac{U_2}{\sqrt{3} \times Zf_2}$ <p><math>X_e = 0,08</math> para cables tetrapolares  <math>X_e = 0,1</math> para cables uniplares agrupados con neutro al centro  <math>X_e = 0,15</math> para cables uniplares peor agrupados</p>
CAÍDAS DE TENSIONES A PLENA CARGA	INTENSIDADES DE C.C Y TIEMPOS MÁXIMOS DE APERTURA DEL INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DE PROTECCIÓN	CÁLCULOS DE LÍNEAS TENIENDO PRESENTE:
$\sum e_{R2} = \sum I_{c2} Rf_2 \times 10^{-3}$ $\sum e_{X2} = \sum I_{c2} Xf_2 \times 10^{-3}$ $\sum e_{Z2} = \sqrt{(\sum e_{R2})^2 + (\sum e_{X2})^2}$ $V_c = V_2 - (\sum e_{R2} \cos \varphi + \sum e_{X2} \sin \varphi)$ $e_2\% = 100 \left(1 - \frac{V_c}{V_{co}}\right)$ <p><math>V_c =</math> Tensión simple en la carga  <math>V_2 =</math> Tensión simple en vacío</p> $V_2 = \frac{U_2}{\sqrt{3}}$ <p><math>V_{co} =</math> Tensión simple en las bornas de B.T. del transformador</p>	<p>INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO:</p> $I_{cc2} = \frac{U_2}{\sqrt{3} \times Zf_2}$ <p>MÁXIMA SOLICITUD TÉRMICA ADMISIBLE POR EL CABLE:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cable en el aluminio = <math>13,456 \times S^2</math></li> <li>- Cable en cobre = <math>30,976 \times S^2</math></li> </ul> <p>TIEMPO MÁXIMO DE CORTE DEL INTERRUPTOR AUTOMÁTICO POR ACCIÓN DE LA <math>I_{cc2}</math>:</p> $t = \frac{176^2 \times S^2}{I_{cc2}^2} \times 10^{-6} \text{ Para el cobre}$ $t = \frac{116^2 \times S^2}{I_{cc2}^2} \times 10^{-6} \text{ Para el aluminio}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- INTENSIDADES DEL CORTOCIRCUITO</li> <li>- SOLICITACIÓN TÉRMICA ADMISIBLE POR EL CABLE</li> <li>- INTENSIDADES ADMISIBLES DE LOS CABLE</li> <li>- CAÍDAS DE TENSIÓN A PLENA CARGA</li> </ul> <p>PROYECTO: Instalación Eléctrica de un Centro Docente            REALIZADO POR: Francisco José Sánchez Martín            FECHA: 29 de Abril de 2013</p>



**Tabla 13. Cálculos eléctricos.**

SALIDA de la línea	LLEGADA de la línea	POTENCIA (w)	I (A)	Long (m)	Mat.	Imax. Adm. Línea	Protecc.	AU (%) Acum.	Composición de la línea (mm <sup>2</sup> )	Icc (kA)	T. máx. (s)	S (mm) Tierra	Factor de Agrup.
1 TRAFO	C.G.B.T.	66849	96,49	41	CU	131	100	0,87	3x 1x35 + 1x35 + TT	8,99	0,47	35	0,7
C.G.B.T.	C.S. PLANTA BAJA	36157	52,19	16	CU	59	63	1,28	4x16 + TT	10,5	0,07	16	0,7



### 2.3. INTERPRETACIÓN DE LAS HOJAS DE CÁLCULO

Como complemento a la representación y definición de magnitudes utilizadas en el formulario que se ha indicado en el apartado 3.2.2, en este se hace mención a las siguientes columnas de las Hojas de Cálculo anteriores.

- Columna “SALIDA de la Línea”.- Indica el punto de partida de la línea calculada.
- Columna “LLEGADA de la Línea”.- Indica el punto de llegada de la línea calculada.
- Columna “BARRA”.- Indica el tipo de alimentación de la línea en estudio en el cuadro del que parte, ya sea de las barras de “red” o de las barras de “grupo” (redgrupo).
- Columna “POTENCIA (VA)”.- Indica la potencia en voltamperios que va a transportar la línea.
- Columna “I (A)”.- Indica la corriente correspondiente a la potencia a transportar, indicada en la columna anterior.
- Columna “Long. (m)”.- Indica la longitud estimada para la línea en estudio.
- Columna “Mat.”.- Indica si la línea es de cobre o aluminio.
- Columna “I Max Adm. Línea”.- Indica la corriente máxima que admite la línea considerando la sección comercial inmediatamente superior a la de cálculo.
- Columna “Protec”.- Indica el calibre de la protección a colocar en cabecera de línea. Dicho calibre deberá ser, o directamente o por regulación, inferior al de la intensidad máxima admisible por la línea.
- Columna “ $\Delta U\%$  Acum.”.- Indica los valores de la caída de tensión debida a la impedancia del circuito desde el origen de la instalación, hasta el extremo más alejado del tramo de la línea considerada.
- Columna “Composición de la Línea ( $mm^2$ )”.- Indica la composición total de la línea en estudio.
- Columna “Icc (kA)”.- Indica la intensidad de cortocircuito trifásico máximo en el circuito, ocurrido en el punto extremo más alejado de la línea considerada.
- Columna “T.max. (s)”.- Indica el tiempo máximo que la línea, en estudio y de composición determinada, soporta la circulación de la intensidad de cortocircuito y, por lo tanto, el tiempo máximo menor del cual tiene que actuar su protección.
- Columna “S ( $mm^2$ ) Tierra”.- Indica la sección del conductor de tierra. Para secciones grandes se determina en base a la sollicitación térmica.

## 2.4. CÁLCULO DE LÍNEAS

Las líneas eléctricas diseñadas para este proyecto han sido elegidas bajo las siguientes condiciones:

- ✓ Deben soportar sin sobrecalentamientos la intensidad calculada para la potencia instalada a transportar por ellas.
- ✓ Las caídas de tensión calculadas para la intensidad de plena carga, no deben superar en este caso de Acometida en Alta Tensión con Centro de Transformación propio, el 4,5% en el uso de Alumbrado, y el 6,5% en los usos de Fuerza, partiendo de la tensión en bornas de baja de transformadores en vacío.
- ✓ Se ha tenido en cuenta, al aplicar las fórmulas de caídas de tensión, que lo más desfavorable es, tomar en cada embarrado de cuadros los voltios remanentes de la caída de tensión del tramo anterior considerado.
- ✓ Para generalizar los cálculos, optamos por considerar un resto del 1'5 %, de pérdida de tensión máxima permitida, para las últimas acometidas a receptores desde cuadros secundarios, o bien desde los puntos de tomas eléctricas (TE). Por lo que debe ponerse atención a la columna de  $\Delta U\%$  acum., de tal manera, que los % totales, finalmente acumulados, no sobrepasen los totales permitidos en el Reglamento, ya citados en el punto 2.
- ✓ En caso de cortocircuito en el extremo más alejado de la línea, no se superará en ninguna de ellas su máxima sollicitación térmica admisible; para lo cual el tiempo de corte del relé magnético del interruptor automático que la protege, debe ser inferior al reflejado en la Columna T.max. (s) de la Hoja de Cálculo.

Además, en combinación con la aparamenta elegida para sus protecciones magnetotérmicas, quedará garantizado que:

Regulados los relés del interruptor automático que las protege a la intensidad máxima admisible en el conductor de las mismas, **existirá selectividad en el disparo frente a cortocircuitos entre los diferentes escalones de protección.**

En la citada Hoja de Cálculo se han incluido todas las líneas del proyecto hasta las alimentaciones de Cuadros Secundarios.

En el caso de las instalaciones eléctricas para alumbrado y fuerza usos varios se han realizado bajo las condiciones generales siguientes:

1. *Intensidades admisibles y protección térmica de los conductores utilizados en las distribuciones.*

En aplicación de la ITC-BT-19 apartado 2.3 y norma UNE 20460-5-523 para conductores unipolares aislados en policloruro de vinilo, con no más de 3 circuitos por un mismo tubo empotrado o al aire y una temperatura ambiente igual o inferior a 30° C, se obtiene el coeficiente  $0,7 \times 1,15 = 0,8$  que aplicado a la columna de dos conductores unipolares bajo tubo o conducto de la tabla 1, permite las siguientes intensidades y protecciones mediante interruptor automático magnetotérmico.

**Tabla 14. Intensidades admisibles y protección térmica de los conductores**

Sección ( $mm^2$ )	$I_{m\acute{a}x}$ admite (A)	Protección (A)
1,5	12	10
2,5	16,8	16
4	21,6	20
6	28,8	25
10	40	32,4
16	52,8	50

**2. Caídas de tensión máximas en las líneas de distribución, desde cuadros secundarios.**

Todas las líneas están dimensionadas para que la caída máxima de tensión en ellas no supere el 1,5% de la tensión nominal de vacío del transformador de 3x400/230 V, en este caso. Para lo cual, tomando como conductividad del cobre 56, la longitud media de cada uno de los circuitos representados en los esquemas de Cuadros Secundarios, no supera los siguientes valores para cada una de las secciones de los conductores utilizados:

**Tabla 15. Caídas de tensión máximas en líneas de distribución.**

Sección ( $mm^2$ )	Pot. Máx. Monofásica (W)	Long. Máx. Admisible Monofásica (m)	Caída de tensión (V)	Pot. Máx. Trifásica (W)	Long. Máx. Admisible Trifásica (m)	Caída de tensión (V)
1,5	2.070	17,88	3,45	6.236	35.93	6
2,5	3.312	18,63	3,45	9.977	37.42	6
4	4.140	23,85	3,45	12.471	47.90	6
6	5.175	28,62	3,45	15.588	57.48	6
10	8.280	29,81	3,45	24.942	59.87	6
16	10.350	38,16	3,45	31.177	76.64	6

Justificación:

- Sección de 1,5  $mm^2$

- Potencia máxima línea monofásica :  
 $I \times U \times \cos \varphi = 10 \times 230 \times 0,9 = 2.070 \text{ W.}$
- Longitud máxima admisible:  $L = 17,88 \text{ m.l.}$



- Sección de  $2,5 \text{ mm}^2$

- Potencia máxima línea monofásica :  
 $I \times U \times \cos \varphi = 16 \times 230 \times 0,9 = 3.312 \text{ W}.$
- Longitud máxima admisible:  $L = 18.63 \text{ m.l}$

- Sección de  $4 \text{ mm}^2$

- Potencia máxima línea monofásica :  
 $I \times U \times \cos \varphi = 20 \times 230 \times 0,9 = 4.140 \text{ W}.$
- Longitud máxima admisible:  $L = 23.85 \text{ m.l}$

- Sección de  $6 \text{ mm}^2$

- Potencia máxima línea monofásica :  
 $I \times U \times \cos \varphi = 25 \times 230 \times 0,9 = 5.175 \text{ W}.$
- Longitud máxima admisible:  $L = 28.62 \text{ m.l}$

- Sección de  $10 \text{ mm}^2$

- Potencia máxima línea monofásica :  
 $I \times U \times \cos \varphi = 40 \times 230 \times 0,9 = 8.280 \text{ W}.$
- Longitud máxima admisible:  $L = 29.81 \text{ m.l}$

- Sección de  $16 \text{ mm}^2$

- Potencia máxima línea monofásica :  
 $I \times U \times \cos \varphi = 50 \times 230 \times 0,9 = 10.350 \text{ W}.$
- Longitud máxima admisible:  $L = 38.16 \text{ m.l}$

- Sección de  $1,5 \text{ mm}^2$

- Potencia máxima línea trifásica :  
 $I \times \sqrt{3} \times U_c \times \cos \varphi = 10 \times \sqrt{3} \times 400 \times 0,9 = 6.236 \text{ W}.$
- Longitud máxima admisible:  $L = 35.93 \text{ m.l}$

- Sección de  $2,5 \text{ mm}^2$

- Potencia máxima línea trifásica :  
 $I \times \sqrt{3} \times U_c \times \cos \varphi = 16 \times \sqrt{3} \times 400 \times 0,9 = 9.977 \text{ W}.$
- Longitud máxima admisible:  $L = 37.42 \text{ m.l}$



- Sección de 4  $mm^2$

- Potencia máxima línea trifásica :  
 $I \times \sqrt{3} \times U_c \times \cos \varphi = 20 \times \sqrt{3} \times 400 \times 0,9 = 12.471 \text{ W}.$
- Longitud máxima admisible:  $L = 47.90 \text{ m.l}$

- Sección de 6  $mm^2$

- Potencia máxima línea trifásica :  
 $I \times \sqrt{3} \times U_c \times \cos \varphi = 25 \times \sqrt{3} \times 400 \times 0,9 = 15.588 \text{ W}.$
- Longitud máxima admisible:  $L = 57.48 \text{ m.l}$

- Sección de 10  $mm^2$

- Potencia máxima línea trifásica :  
 $I \times \sqrt{3} \times U_c \times \cos \varphi = 40 \times \sqrt{3} \times 400 \times 0,9 = 24.942 \text{ W}.$
- Longitud máxima admisible:  $L = 59.87 \text{ m.l}$

- Sección de 16  $mm^2$

- Potencia máxima línea trifásica :  
 $I \times \sqrt{3} \times U_c \times \cos \varphi = 50 \times \sqrt{3} \times 400 \times 0,9 = 31.177 \text{ W}.$
- Longitud máxima admisible:  $L = 76.64 \text{ m.l}$

Valores obtenidos a partir de las fórmulas:

- Circuito monofásico:

$$e = \frac{2 \times L \times P \times \cos \varphi}{56 \times S \times 230} = 3,45V$$

- Circuito trifásico:

$$e = \frac{L \times P \times \cos \varphi}{56 \times S \times 400} = 6 V$$

En ellas se ha tomado como tensión de distribución 3 x 400/230 V, y siendo:

- L = longitud media de la línea en metros.
- P = potencia activa en W.
- S = sección del conductor de fase en milímetros cuadrados ( $mm^2$ ).
- e = caída de tensión máxima entre fase y neutro = 3,45 V, equivalente al 1,5% de 230 V en circuito monofásico o 6 V equivalente al 1,5% de 400 V en circuito trifásico.
- $\cos \varphi$  = factor de potencia de los receptores = 0,90.



## 2.5. CÁLCULO DE BARRAJES EN EL CGBT.

El CGBT se compone de servicio normal y es alimentado por el transformador de 100 kVA. Los barrajes han de ser calculados para el transformador de 100 kVA, condición bajo la cual también deben ser calculadas las líneas de salida.

### a) Hipótesis de cálculo

Los barrajes de todos los cuadros, así como las secciones mínimas de los conductores, responden a las solicitudes de cada  $I_{cc}$  indicada en la hoja de cálculo para cada cuadro. Se tendrán en cuenta tanto los efectos eléctricos de calentamiento como los efectos electrodinámicos.

El material usado para las barras de cobre tendrá una carga máxima admisible de 3.000 kg/cm<sup>2</sup> y el punto de partida de la intensidad de cortocircuito en el CGBT será de 17,63 kA.

### b) Justificación de la solución adoptada

La intensidad máxima admisible para las pletinas de cobre se ajustará a las tablas de los reglamentos afectados.

El fabricante de los cuadros de la instalación, a través del instalador, deberá justificar el dimensionamiento de las barras y cableado según los datos que facilitamos en la hoja de cálculo. Para ello utilizará las siguientes fórmulas:

- Momento flector para una viga empotrada en sus extremos y sometida a una carga uniformemente distribuida

$$M = \frac{F \times L}{12}$$

donde F es el esfuerzo máximo para barras paralelas ante un cortocircuito trifásico sin amortiguamiento (asimilable al monofásico para las fases de los lados).

$$F = 6 \times 2,04 \times 10^{-2} \times I_{cc}^2 \times \frac{L}{d}$$

Siendo:

- L = Distancia entre apoyos empotrados dada en cm.
- d = Distancia de separación entre ejes de las fases en cm.
- Módulo resistente del conjunto de las pletinas con las que se diseñe la fase.

$$W = n \times \frac{h \times b^2}{6}$$



Siendo:

- n = número de pletinas por fase.
- h = altura de la pletina.
- b = ancho de la pletina.

- Comprobándose que la carga máxima soportada por el barraje

$$r_{max} = \frac{M}{W}$$

sea menor que los 3.000 kg/cm<sup>2</sup> que soporta el cobre.

Así mismo debe garantizarse que la **frecuencia máxima de oscilación** de las barras son diferentes de 50 – 100 – 150 Hz, para asegurar la no presencia de resonancia, utilizando la fórmula:

$$f_f = f_c \times 10^4 \times \frac{b}{L^2}$$

Por lo que el tomar una frecuencia de oscilación superior a 150 Hz, p.e. a 4 veces es igual a 200 Hz.

Esta relación  $\frac{f_f}{f_c} = 4 = 10^4 \times \frac{1}{b^2}$  debe asegurar que el ancho de la barra y la longitud libres de vibrar cumplen la condición en todos los casos.

Por último, debe garantizarse que el calentamiento de los elementos provocado por las Icc, en el cobre, determinan tiempos máximos admisibles, de acuerdo con la fórmula siguiente, y que estos tiempos sean menores que los tiempos de corte previstos para las protecciones de los interruptores automáticos en las cabeceras de cada cuadro:

$$t \leq \frac{S^2 \times K^2}{I_{cc}}$$

en donde:

S = Sección real del conductor de cobre en mm<sup>2</sup>.

K = Coeficiente dependiente del conductor y de su aislamiento.

Para el caso de barras de cobre será:

$$K = 13 \times \sqrt{150}$$



## 2.6. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA

### 2.6.1. Características del suelo

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina una resistividad media superficial =  $150 \Omega \cdot m$ .

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

El neutro de la red de distribución en Media Tensión está conectado rígidamente a tierra. Por ello, la intensidad máxima de defecto dependerá de la resistencia de puesta a tierra de protección del Centro, así como de las características de la red de MT.

Para un valor de resistencia de puesta a tierra del Centro de  $15,6 \Omega$ , la intensidad máxima de defecto a tierra es 500 Amperios y el tiempo de desconexión del defecto es inferior a 0.7 segundos, según datos proporcionados por la Compañía Eléctrica suministradora (GAS NATURAL FENOSA). Los valores de K y n para calcular la tensión máxima de contacto aplicada según MIE-RAT 13 en el tiempo de defecto proporcionado por la Compañía son:

$K = 72$  y  $n = 1$ .

### 2.6.3. Diseño preliminar de la instalación de tierra

Para el diseño preliminar se estudiarán por separado la tierra de protección y la de servicio. Al presentar esta instalación las condiciones especificadas en el apartado 6.3. del MIE-RAT 13 y las del método UNESA ( $U_d \leq 1000V$ ), las puestas a tierra de protección y de servicio de la instalación se interconectarán y constituirán una instalación de tierra general.

## TIERRA DE PROTECCIÓN

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

Para los cálculos a realizar emplearemos las expresiones y procedimientos según el "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA, conforme a las características del centro de transformación objeto del presente cálculo, siendo, entre otras, las siguientes:

Para la tierra de protección optaremos por un sistema de las características que se indican a continuación:

- Identificación: código 5/42 del método de cálculo de tierras de UNESA.





- Parámetros característicos:

$$K_r = 0,104 \Omega/(\Omega \cdot m).$$

$$K_p = 0,0184 V/(\Omega \cdot m \cdot A).$$

- Descripción:

Estará constituida por 4 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm. y una longitud de 2.00 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0.5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente será de 3.00 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 9 m., dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Nota: se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros  $K_r$  y  $K_p$  de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

### **TIERRA DE SERVICIO**

Se conectarán a este sistema 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 de las picas serán las mismas que las indicadas para la tierra de protección. La configuración escogida se describe a continuación:

- Identificación: código 5/48 del método de cálculo de tierras de UNESA.

- Parámetros característicos:

$$K_r = 0,104 \Omega/(\Omega \cdot m).$$

$$K_p = 0,0184 V/(\Omega \cdot m \cdot A).$$

- Descripción:

Estará constituida por 4 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm. y una longitud de 2.00 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0.5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente será de 3.00 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 9 m., dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Nota: se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros  $K_r$  y  $K_p$  de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.



La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37  $\Omega$ . Con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación de Baja Tensión protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 650 mA., no ocasione en el electrodo de puesta a tierra una tensión superior a 24 Voltios ( $=37 \times 0,650$ ).

Existirá una separación mínima entre las picas de la tierra de protección y las picas de la tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de Baja Tensión.

#### 2.6.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierras

##### TIERRA DE PROTECCIÓN

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del Centro ( $R_t$ ), y tensión de defecto correspondiente ( $U_d$ ), utilizaremos las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra,  $R_t$ :

$$R_t = K_r * \sigma$$

- Tensión de defecto,  $U_d$ :

$$U_d = I_d * R_t$$

Siendo:

$$\sigma = 150 \Omega * m$$

$$K_r = 0,104 \Omega / (\Omega * m).$$

$$I_d = 500 A.$$

se obtienen los siguientes resultados:

$$R_t = 15,6 \Omega$$

$$U_d = 7800 V$$

El aislamiento de las instalaciones de baja tensión del C.T. deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada ( $U_d$ ), por lo que deberá ser como mínimo de 8000 Voltios.

De esta manera se evitará que las sobretensiones que aparezcan al producirse un defecto en la parte de Alta Tensión deterioren los elementos de Baja Tensión del centro, y por consiguiente no afecten a la red de Baja Tensión.

Comprobamos asimismo que la intensidad de defecto calculada es superior a 100 Amperios, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.



### TIERRA DE SERVICIO

$$R_t = K_r \cdot \sigma = 0.104 \cdot 150 = 15,6 \Omega$$

que vemos que es inferior a 37  $\Omega$ .

#### **2.6.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación**

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejas de ventilación metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Los muros, entre sus paramentos tendrán una resistencia de 100.000 ohmios como mínimo (al mes de su realización).

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá determinada por las características del electrodo y de la resistividad del terreno, por la expresión:

$$U_p = K_p \cdot \sigma \cdot I_d = 0.0184 \cdot 150 \cdot 500 = 1380 \text{ V}$$

#### **2.6.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación**

El suelo del Centro estará constituido por un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30 x 0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos preferentemente opuestos a la puesta a tierra de protección del Centro. Con esta disposición se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, esté sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm. de espesor como mínimo.

En el caso de existir en el paramento interior una armadura metálica, ésta estará unida a la estructura metálica del suelo.

Así pues, no será necesario el cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación, puesto que su valor será prácticamente nulo.

No obstante, y según el método de cálculo empleado, la existencia de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra implica que la tensión de paso de acceso es equivalente al valor de la tensión de defecto, que se obtiene mediante la expresión:

$$U_p \text{ acceso} = U_d = R_t \cdot I_d = 15,6 \cdot 500 = 7800 \text{ V}$$



### 2.6.7. Cálculo de las tensiones aplicadas

La tensión máxima de contacto aplicada, en voltios, que se puede aceptar, según el reglamento MIE-RAT, será:

$$U_{ca} = \frac{K}{t^n}$$

Siendo:

$U_{ca}$  = Tensión máxima de contacto aplicada en Voltios.

$K = 72$ .

$n = 1$ .

$t$  = Duración de la falta en segundos: 0.7 s

obtenemos el siguiente resultado:

$$U_{ca} = 102.86 \text{ V}$$

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al Centro, emplearemos las siguientes expresiones:

$$U_p (\text{exterior}) = 10 \frac{K}{t^n} \left( 1 + \frac{6\sigma}{1000} \right)$$

$$U_p (\text{acceso}) = 10 \frac{K}{t^n} \left( 1 + \frac{3\sigma + 3\sigma h}{1000} \right)$$

Siendo:

$U_p$  = Tensiones de paso en Voltios.

$K = 72$ .

$n = 1$ .

$t$  = Duración de la falta en segundos: 0.7 s

$\sigma$  = Resistividad del terreno.

$\sigma h$  = Resistividad del hormigón = 3.000  $\Omega \cdot \text{m}$ .

obtenemos los siguientes resultados:

$$U_p (\text{exterior}) = 2262.9 \text{ V}$$

$$U_p (\text{acceso}) = 10902.9 \text{ V}$$

Así pues, comprobamos que los valores calculados son inferiores a los máximos admisibles:

- en el exterior:

$$U_p = 1380 \text{ V.} < U_p (\text{exterior}) = 2262.9 \text{ V}$$

- en el acceso al C.T.:

$$U_d = 7800 \text{ V.} < U_p (\text{acceso}) = 10902.9 \text{ V}$$

### 2.6.8. Investigación de tensiones transferibles al exterior

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio previo para su reducción o eliminación. No obstante, con el objeto de garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima  $D_{mín}$ , entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio, determinada por la expresión:

$$D_{mín} = \frac{\sigma \cdot I_d}{2000 \cdot \pi}$$

con:

$$\sigma = 200 \Omega \cdot \text{m.}$$

$$I_d = 500 \text{ A.}$$

obtenemos el valor de dicha distancia:

$$D_{mín} = 15.92 \text{ m.}$$

### 2.6.9. Red de puesta a tierra de la Estructura del edificio

Esta red se considera que se ha previsto mediante cable desnudo de cobre de  $50 \text{ mm}^2$  enterrado por debajo de la primera solera del edificio, realizándose el enlace desde él a todas las estructuras metálicas de cada pilar y cada cierta distancia en muros de hormigón armado, derivando con un latiguillo del mismo cable hasta los pilares.

Las conexiones se realizarán con soldaduras aluminotérmicas, utilizando en cada caso el útil adecuado. No deberán hacerse bucles con el cable enterrado, que salgan a buscar las conexiones en los pilares.

La longitud estimada para el cable enterrado para cerrar el circuito de la conexión equipotencial de puesta a tierra de la Estructura del Edificio es del orden de los 200 m. Con este dato y conociendo la resistividad del terreno obtendremos el valor máximo de la resistencia del electrodo por la expresión:

$$R_t = \frac{2 \times R_0}{L}; R = \frac{2 \times R_0}{L_t} = \frac{2 \times 150}{210} = 1,5 \Omega$$

Además, la red quedará enlazada con la de Protección en Baja Tensión a través de un puente de comprobación en cumplimiento de la ITC-BT-26 apartado 3.



Para realizar correctamente este procedimiento es necesario efectuar in situ una correcta medición de la resistividad del terreno  $R_0$ , de manera que se pueda tomar el valor real del mismo.

#### **2.6.10. Red de puesta a tierra para Protección en Baja Tensión**

Esta red ha de quedar enlazada con la puesta a tierra de la Estructura (ITC-BT-26 apartado 3).

De manera que se dispondrán de forma independiente la resistencia de la puesta a tierra de las masas de baja tensión, la resistencia de puesta a tierra de las masas de alta tensión y la puesta a tierra de los neutros.

Es necesario el cálculo de la resistividad del terreno ya que el mantenimiento de los valores de resistencias de tierras calculados deben ser válidos durante toda la vida de la instalación.

Para otros valores de resistencias de tierra, se presentan casos similares y para valores muy bajos de resistencia a tierra, hay que tener presente que las intensidades de defecto pueden llegar a valores de cortocircuito, por lo que debe ponerse especial atención a no dejar el corte del defecto a elementos diferenciales, cuya capacidad de corte en carga puede ser insuficiente para las exigencias del cortocircuito en cada caso.

Este electrodo quedará unido a la barra general de protección del CGBT intercalando un puente de comprobación.

#### **2.6.11. Protección contra contactos indirectos**

Se ha establecido que la instalación sea TT.

En el esquema TT pueden utilizarse los dispositivos de protección (ITC-BT-24) siguientes:

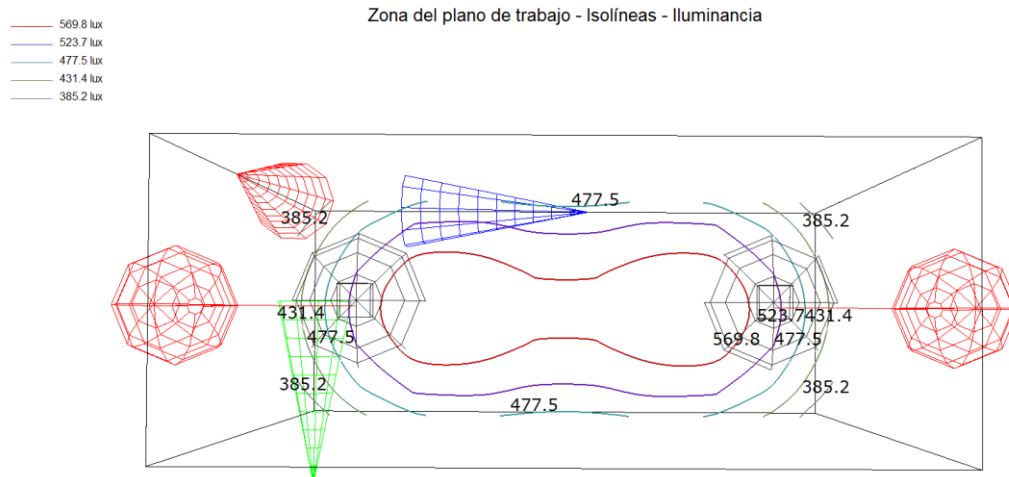
- Dispositivos de protección de máxima corriente, tales como fusibles, interruptores automáticos.
- Dispositivos de protección de corriente diferencial-residual.

En las líneas que alimenten tomas de corriente  $\leq 20$  A, destinadas a ser utilizadas por personal no cualificado ni experto, los diferenciales a emplear tendrán una intensidad asignada de operación que no exceda de 30 mA.

Con miras a la selectividad se utilizarán dispositivos de corriente diferencial-residual temporizado (por ejemplo del tipo "S") en serie con dispositivos de protección diferencial-residual de tipo general, con un tiempo de funcionamiento como máximo igual a 1 s.

## 2.7. Cálculos lumínicos

### 2.7.1. Aseos



Altura del local: 2.5 m

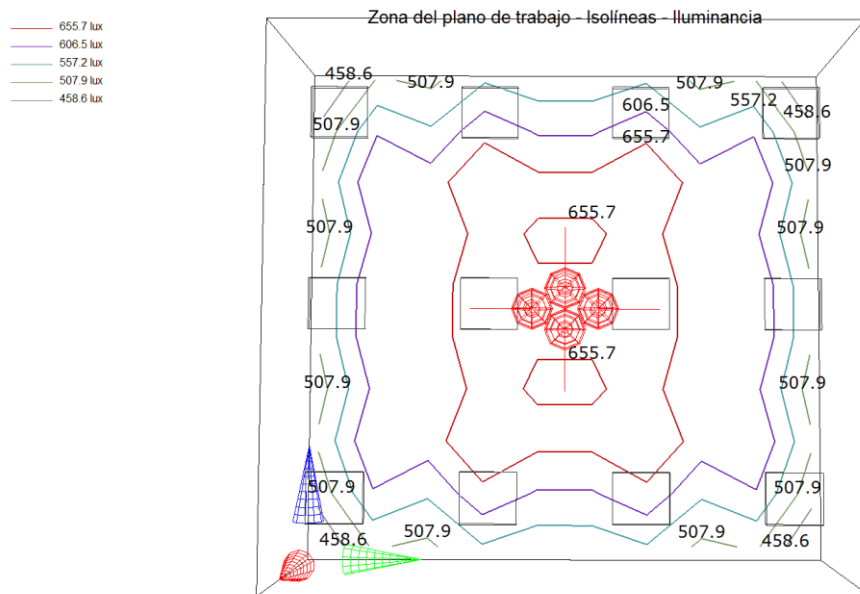
#### Factores de reflexión

Suelo	0.200
Pared 1	0.500
Pared 2	0.500
Pared 3	0.500
Pared 4	0.500
Techo	0.700

#### RESUMEN DE ZONAS DE ESTUDIO

Nombre	Media	Um/Uo	Uex/UI	
Zona del plano de trabajo - Iluminancia	505.48 lux	0.67	0.55	VEEI = 8.50
Zona correspondiente al suelo - Iluminancia	285.52 lux	0.78	0.67	VEEI = 15.05
Zona correspondiente a la pared 1 - Iluminancia	207.22 lux	0.49	0.29	
Zona correspondiente a la pared 2 - Iluminancia	222.32 lux	0.48	0.22	
Zona correspondiente a la pared 3 - Iluminancia	207.22 lux	0.49	0.29	
Zona correspondiente a la pared 4 - Iluminancia	222.32 lux	0.48	0.22	
Zona correspondiente al techo - Iluminancia	109.07 lux	0.73	0.65	

### 2.7.2. Aula



Altura del local: 2.5 m

**Factores de reflexión**

Suelo	0.200
Pared 1	0.500
Pared 2	0.500
Pared 3	0.500
Pared 4	0.500
Techo	0.700

**RESUMEN DE ZONAS DE ESTUDIO**

Nombre	Media	Um/Uo	Uex/UI	
Zona del plano de trabajo - Iluminancia	590.48 lux	0.69	0.58	VEEI = 3.86
Zona correspondiente al suelo - Iluminancia	504.71 lux	0.64	0.49	VEEI = 4.52
Zona correspondiente a la pared 1 - Iluminancia	211.30 lux	0.33	0.22	UGR = 3.80
Zona correspondiente a la pared 2 - Iluminancia	225.33 lux	0.29	0.18	UGR = 9.18
Zona correspondiente a la pared 3 - Iluminancia	211.30 lux	0.33	0.22	UGR = 3.80
Zona correspondiente a la pared 4 - Iluminancia	225.30 lux	0.29	0.18	UGR = 9.18
Zona correspondiente al techo - Iluminancia	102.36 lux	0.76	0.69	





### 3. Cálculo de Pararrayos

El cálculo del pararrayos se ha diseñado a partir de la sección SU 8 del código técnico de la edificación.

Este código nos dicta la necesidad o no de la instalación de un pararrayos y en caso afirmativo del tipo necesitado.

#### 3.1. Procedimiento de verificación

Será necesaria la instalación de un sistema de protección contra el rayo cuando la frecuencia esperada de impactos  $N_e$  sea mayor que el riesgo admisible  $N_a$ .

Los edificios en los que se manipulen sustancias tóxicas, radioactivas, altamente inflamables o explosivos y los edificios cuya altura sea superior a 43 m dispondrán siempre de sistemas de protección contra el rayo de eficiencia  $E$  superior o igual a 0,98, según lo indicado en el apartado 2.7.2 del SU 8.

La frecuencia esperada de impactos,  $N_e$ , puede determinarse mediante la expresión:

$$N_e = N_g \cdot A_e \cdot C_1 \cdot 10^{-6} \left[ \frac{\text{Impactos}}{\text{Año}} \right]$$

siendo:

- ✓  $N_g$ : densidad de impactos sobre el terreno ( $n^\circ$  impactos/año,  $\text{km}^2$ ), obtenida según la *Figura 15*.
- ✓  $A_e$ : superficie de captura equivalente del edificio aislado en  $\text{m}^2$ , que es la delimitada por una línea trazada a una distancia  $3H$  de cada uno de los puntos del perímetro del edificio, siendo  $H$  la altura del edificio en el punto del perímetro considerado.
- ✓  $C_1$ : coeficiente relacionado con el entorno, según la *Tabla 16*.



**Figura 15.** Mapa de densidad de impacto sobre el terreno  $N_g$  (Fuente: Catálogo C.T.E)

**Tabla 16.** Coeficiente  $C_1$

Situación del edificio	$C_1$
Próximo a otros edificios o árboles de la misma altura o más altos	0,5
Rodeado de edificios más bajos	0,75
Aislado	1
Aislado sobre una colina o promontorio	2

El riesgo admisible,  $N_a$ , puede determinarse mediante la expresión:

$$N_a = \frac{5,5 \times 10^{-3}}{C}$$

siendo:

- ✓  $C = C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5$
- ✓  $C_2$  coeficiente en función del tipo de construcción, conforme a la *Tabla 17*;
- ✓  $C_3$  coeficiente en función del contenido del edificio, conforme a la *Tabla 18*;
- ✓  $C_4$  coeficiente en función del uso del edificio, conforme a la *Tabla 19*;
- ✓  $C_5$  coeficiente en función de la necesidad de continuidad en las actividades que se desarrollan en el edificio, conforme a la *Tabla 20*.

**Tabla 17. Coeficiente  $C_2$** 

	Cubierta metálica	Cubierta de hormigón	Cubierta de madera
Estructura metálica	0,5	1	2
Estructura de hormigón	1	1	2,5
Estructura de madera	2	2,5	3

**Tabla 18. Coeficiente  $C_3$** 

Edificio con contenido inflamable	3
Otros contenidos	1

**Tabla 19. Coeficiente  $C_4$** 

Edificios no ocupados normalmente	0,5
Usos Pública Concurrencia, Sanitario, Comercial, Docente	3
Resto de edificios	1

**Tabla 20. Coeficiente  $C_5$** 

Edificios cuyo deterioro pueda interrumpir un servicio imprescindible (hospitales, bomberos, ...) o pueda ocasionar un impacto ambiental grave	5
Resto de edificios	1

### 3.2. Tipo de instalación exigido

Cuando, conforme a lo establecido en el apartado anterior, sea necesario disponer una instalación de protección contra el rayo, ésta tendrá al menos la eficiencia  $E$  que determina la siguiente fórmula:

$$E = 1 - \frac{N_a}{N_e}$$

La **Tabla 21** indica el nivel de protección correspondiente a la eficiencia requerida. Las características del sistema para cada nivel de protección se describen en el Anexo SU B:

**Tabla 21. Componentes de la instalación.**

Eficiencia requerida	Nivel de protección
$E > 0,98$	1
$0,95 < E < 0,98$	2
$0,80 < E < 0,95$	3
$0 < E < 0,80$	4

La superficie de captura equivalente ( $A_e$ ) calculada para nuestro edificio será de 26521m<sup>2</sup>.

Obteniendo los siguientes resultados de  $N_e$  (Frecuencia esperada de rayos) y  $N_a$  (Frecuencia aceptable de rayos):

- $N_e = 0.033$  descargas/año.
- $N_a = 0.0018$  descargas/año.

$$N_a < N_e$$

El valor de la frecuencia aceptable de rayos es menor que la frecuencia esperada de rayos. Comprobamos la necesidad de la instalación de un sistema de protección contra el rayo.



Para decidir el nivel de protección a utilizar se utilizará la fórmula anteriormente dicha:

$$E = 1 - \frac{N_a}{N_e} = 0,95$$

Comparando el valor de la eficiencia, E, con la tabla de la eficiencia nos da el tipo de pararrayos que es el necesario para proteger la estructura estudiada, en este caso será uno del tipo II.

#### ANEJO B DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN SECCIÓN SU8.

Los sistemas de protección contra el rayo deben constar de un sistema externo, un sistema interno y una red de tierra de acuerdo a los apartados siguientes.

El sistema externo de protección contra el rayo está formado por dispositivos captadores y por derivadores o conductores de bajada.

Los dispositivos captadores podrán ser puntas Franklin, mallas conductoras y pararrayos con dispositivo de cebado, en nuestro caso se dispondrá la instalación de un pararrayos con dispositivo de cebado.



# PLIEGO DE CONDICIONES



## ÍNDICE

<b>1. GENERALIDADES</b> .....	94
<b>1.1. ÁMBITO DE APLICACIÓN</b> .....	94
<b>1.2. ALCANCE DE LOS TRABAJOS</b> .....	94
<b>1.3. PLANIFICACIÓN Y COORDINACIÓN</b> .....	95
<b>1.4. VIBRACIONES Y RUIDOS</b> .....	95
<b>1.5. IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS, RÓTULOS, ETIQUETEROS Y SEÑALIZACIONES</b> .....	95
<b>1.6. PRUEBAS PREVIAS A LA ENTREGA DE LAS INSTALACIONES</b> .....	96
<b>1.7. NORMATIVA DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO</b> .....	98
<b>1.8. DOCUMENTACIÓN Y LEGALIZACIONES</b> .....	98
<b>2. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN Y CABLES DE ALTA TENSIÓN</b> .....	99
<b>2.1. GENERALIDADES</b> .....	99
<b>2.2. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN</b> .....	101
<b>2.2.1. Envolvente metálica</b> .....	101
<b>2.2.2. Aparellaje</b> .....	102
<b>2.2.3. Normas de ejecución de las instalaciones</b> .....	105
<b>2.2.4. Pruebas reglamentarias</b> .....	105
<b>2.2.5. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad</b> .....	105
<b>2.3. CABLES DE TRANSPORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA (1–52 kV)</b> .....	107
<b>2.3.1. Cables aislamiento con Polietileno Reticulado (XLPE)</b> .....	107
<b>2.3.2. Cables aislamiento con goma Etileno-Propileno (EPR)</b> .....	108
<b>3. CUADROS DE BAJA TENSIÓN</b> .....	108
<b>3.1. GENERALIDADES</b> .....	108
<b>3.2. COMPONENTES</b> .....	109
<b>3.2.1. Envolventes</b> .....	109
<b>3.2.2. Aparamenta</b> .....	110
<b>3.2.3. Embarrados y Cableados</b> .....	111
<b>3.2.4. Elementos accesorios</b> .....	114



---

<b>4.</b>	<b>CABLES ELÉCTRICOS DE BAJA TENSIÓN</b>	114
4.1.	GENERALIDADES	114
4.2.	TIPO DE CABLES Y SU INSTALACIÓN	115
4.2.1.	Cables 450/750 V (PVC) para instalación en tubos y canales	115
4.2.2.	Cables RZ1-0,6/1 kV (AS) para instalación al aire	115
4.2.3.	Cables RV 0,6 / 1 kV (XLPE) para instalación enterrada	116
4.2.4.	Cables resistentes al fuego denominación (AS+) para instalación al aire.	117
<b>5.</b>	<b>CANALIZACIONES</b>	118
5.1.	GENERALIDADES	118
5.2.	MATERIALES	119
5.2.1.	Bandejas	119
5.2.2.	Canales protectores	121
5.2.3.	Tubos para instalaciones eléctricas	122
5.2.4.	Cajas de registro, empalme y mecanismos	125
<b>6.</b>	<b>INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS</b>	125
6.1.	GENERALIDADES	125
6.2.	LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN (LGA)	126
6.3.	CUADRO GENERAL DE BAJA TENSIÓN (CGBT)	126
6.4.	LÍNEAS DE DERIVACIÓN DE LA GENERAL (LDG) E INDIVIDUALES (LDI)	126
6.5.	CUADROS SECUNDARIOS (CSs)	126
6.6.	INSTALACIONES DE DISTRIBUCIÓN	126
6.6.1.	Distribución para alumbrado normal	128
6.6.2.	Distribución para Alumbrado de Emergencia	129
6.6.3.	Distribución para tomas de corriente	129
<b>7.</b>	<b>REDES DE TIERRAS</b>	130
7.1.	GENERALIDADES	130
7.2.	REDES DE TIERRA INDEPENDIENTES	131
7.2.1.	Red de Puesta a Tierra de Protección Alta Tensión	131
7.2.2.	Red de Puesta a Tierra de Servicio	131
7.2.3.	Red de Puesta a Tierra de Protección Baja Tensión	132



## 1. GENERALIDADES

Al constituir las instalaciones eléctricas que aquí se contemplan un capítulo del Proyecto General, estarán sometidas a todas las consideraciones técnicas, económicas y administrativas relacionadas en el apartado correspondiente del mismo. Por ello, en este documento sólo se fijan las propias y específicas de este capítulo.

### 1.1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

Este Pliego de Condiciones Técnicas (PCT) es de aplicación a todo el contenido que forma parte del capítulo de Electricidad, definido en los diferentes documentos del mismo: Memoria, Planos, Presupuesto, etc.

### 1.2. ALCANCE DE LOS TRABAJOS

La Empresa Instaladora (EI) cuya clasificación ha de ser Categoría Especial (IBTE) según la ITC-BT-03 del REBT, estará obligada al suministro e instalación de todos los equipos y materiales reflejados en Memoria, Memoria de Cálculo, Planos y Presupuesto, conforme al número, tipo y características de los mismos.

Los materiales auxiliares y complementarios, normalmente no incluidos en Planos y Presupuesto, pero imprescindibles para el correcto montaje y funcionamiento de las instalaciones (clemas, bornas, tornillería, soportes, conectores, cinta aislante, pequeñas acometidas para órganos de mando y control, etc), deberán considerarse incluidos en los trabajos a realizar.

En los precios de los materiales ofertados por la EI estará incluida la mano de obra y medios auxiliares necesarios para el montaje y pruebas, así como el transporte a la Obra y dentro de la obra hasta los lugares de montajes, hasta su ubicación definitiva.

La EI dispondrá para estos trabajos de un Técnico competente responsable ante la Dirección Facultativa (DF), que representará a los técnicos y operarios que llevan a cabo la labor de instalar, ajustar y probar los equipos. Este técnico deberá estar presente en todas las reuniones que la DF considere oportunas en el transcurso de la obra, y dispondrá de autoridad suficiente para tomar decisiones sobre la misma, en nombre de su EI.

Los materiales y equipos a suministrar por la EI serán nuevos y ajustados a la calidad exigida, salvo en aquellos casos que se especifique taxativamente el aprovechamiento de material existente.

No serán objeto de esta parte de la obra, salvo que se indique expresamente, las ayudas de albañilería necesarias para rozas, bancadas de maquinaria, zanjas, pasos de muros, huecos registrables para montantes verticales, etc, que conllevan esta clase de instalaciones.

Será realizado, por la EI, el sellado de los huecos entre los distintos Sectores de Incendios para las instalaciones Eléctricas y de cualquier otra Instalación del Edificio, siendo responsable de su ejecución en su totalidad.

En cualquier caso, los trabajos objeto de este capítulo del Proyecto alcanzarán el objetivo de realizar una instalación completamente terminada, probada, funcionando y legalizada.





### 1.3. PLANIFICACIÓN Y COORDINACIÓN

Antes de comenzar los trabajos en obra, la EI deberá presentar a la DF los planos y esquemas definitivos, así como detalle de las ayudas necesarias para la ejecución y montaje de Centros de Transformación, Cuadros Generales de Baja Tensión, arquetas de obra, dados de hormigón para báculos de alumbrado público, etc.

Asimismo la EI, previo estudio detallado de los plazos de entrega de materiales y equipos, confeccionará un calendario coordinado con la Empresa Constructora (EC) para asignar las fechas exactas a las distintas fases de obra.

La coordinación de la EI y la EC siempre será dirigida por esta última y supervisada por la DF.

### 1.4. VIBRACIONES Y RUIDOS

En el montaje de maquinaria y equipos se deberán tener presente las recomendaciones del fabricante, a fin de no sobrepasar, sea cual fuere el régimen de carga para el que está previsto, los niveles de ruido o transmisión de vibraciones establecidos o exigidos por las Ordenanzas Municipales o características propias del lugar donde están implantados.

Las correcciones que hayan de introducirse para reducir los niveles, deberán ser aprobadas por la DF y realizarse mediante los accesorios propios que para estos casos dispone el fabricante.

Las uniones entre elementos rígidos y maquinaria sometida a vibraciones, deberán realizarse siempre con acoplamientos flexibles.

### 1.5. IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS, RÓTULOS, ETIQUETEROS Y SEÑALIZACIONES

Antes de la entrega de la obra, la EI deberá realizar la colocación de rótulos, etiqueteros, señalizaciones y placas de características técnicas, que permitan identificar los componentes de la instalación con los planos definitivos de montaje.

Los rótulos servirán para nominar a los cuadros eléctricos y equipos. Este nombre coincidirá con el asignado en planos de montaje y sus caracteres serán grabados con una altura mínima de 20 mm.

Los etiqueteros servirán para identificar el destino asignado al elemento correspondiente. Podrán ser del tipo grabado (interruptores de cuadros generales y principales de planta) o del tipo "Leyenda de Cuadro"; asignando un número a cada interruptor y estableciendo una leyenda general con el destino de cada uno de ellos. Estos números de identificación de interruptores, corresponderán con el asignado al circuito eléctrico de distribución en planta. El tamaño mínimo para caracteres de asignación y etiqueteros grabados será de 6 mm.

Las señalizaciones servirán fundamentalmente para la identificación de cables de mando y potencia en cuadros eléctricos y registros principales en el trazado de montantes eléctricas. Para este uso, podrán utilizarse etiqueteros para escritura indeleble a mano, fijados mediante bridas de cremallera, así como números de collarín para conductores en bornes de conexión. Todas estas identificaciones corresponderán con las indicadas en esquemas de mando y potencia utilizados para el montaje definitivo.



Todos los cuadros eléctricos y equipos, especialmente los que consumen energía eléctrica, deberán llevar una placa con el nombre del fabricante, características técnicas, número de fabricación y fecha de fabricación.

La fijación de las diferentes identificaciones se realizará de la forma más conveniente según su emplazamiento, pero siempre segura y en lugar bien visible.

## 1.6. PRUEBAS PREVIAS A LA ENTREGA DE LAS INSTALACIONES

En cumplimiento con las ITC-BT-04 e ITC-BT-05, antes de la entrega de las instalaciones eléctricas, la EI está obligada a realizar las verificaciones y pruebas de las mismas que sean oportunas.

Para la realización de estas pruebas será necesario que las instalaciones se encuentren terminadas de conformidad con el Proyecto y modificaciones aprobadas por la DF en el transcurso del montaje, así como puesta a punto, regulada, limpia e identificada por la EI.

Será imprescindible, para ciertas pruebas, que la acometida eléctrica sea la definitiva.

La EI deberá suministrar todo el equipo y personal necesario para efectuar las pruebas en presencia de la DF o su representante.

Las pruebas a realizar, sin perjuicio de aquellas otras que la DF pudiera solicitar en cada caso, serán las siguientes:

- Todos los electrodos y placas de puesta a tierra. La de herrajes del centro de transformación será independiente.
- Resistencia de aislamiento entre conductores activos (fase y neutro) y tierra, entre fases y entre cada una de las fases y neutro. Esta prueba se realizará por cada conjunto de circuitos alimentado por un interruptor diferencial, y para todos los alimentados desde un mismo cuadro de planta, midiendo los usos de alumbrado a parte de los destinados a tomas de corriente. Todas estas medidas deberán realizarse con todos los aparatos de consumo desconectados. La tensión mínima aplicada en esta prueba será de 500 V.
- Valor de la corriente de fuga en todos y cada uno de los cuadros eléctricos.
- Medida de tensiones e intensidades en todos los circuitos de distribución y generales de cuadros, tanto en vacío como a plena carga.
- Comprobación de interruptores de Máxima Corriente mediante disparo por sobrecargas o cortocircuitos. Se hará por muestreo.
- Comprobación de todos los Dispositivos de corriente Diferencial Residual, mediante disparo por corriente de fuga con medición expresa de su valor y tiempo de corte.
- Comprobación del tarado de relés de largo retardo en los interruptores de Máxima Corriente, con respecto a las intensidades máximas admisibles del conductor protegido por ellos.
- Muestreo para los casos considerados como más desfavorables, de SELECTIVIDAD en el disparo de protecciones, y de CAÍDA DE TENSIÓN a plena carga.
- Comprobación de tipos de cables utilizados, mediante la identificación obligada del fabricante; forma de instalación en bandejas, señalizaciones y fijaciones.



- Comprobación de rótulos, etiqueteros y señalizaciones.
- Muestreo en cajas de registro y distribución comprobando que: las secciones de conductores son las adecuadas, los colores los normalizados y codificados, las conexiones realizadas con bornas, cableado holgado y peinado, el enlace entre canalizaciones y cajas enrasado y protegido, el tamaño de la caja adecuado y su tapa con sistema de fijación perdurable en el uso.
- Cuando la instalación se haya realizado con cable flexible, se comprobará que todos los puntos de conexión han sido realizados con terminales adecuados o estañadas las puntas.
- Las instalaciones de protección contra contactos indirectos por separación de circuitos mediante un transformador de aislamiento y dispositivo de control permanente de aislamientos, serán inspeccionadas y controladas conforme a lo previsto en la ITC-BT-38.
- Funcionamiento del alumbrado de emergencia, sean estos de seguridad o de reemplazamiento, así como del suministro complementario.
- Comprobación de zonas calificadas de pública concurrencia en las que un defecto en parte de ellas, no debe afectar a más de un tercio de la instalación de alumbrado normal.
- Buen estado de la instalación, montaje y funcionamiento de luminarias, proyectores y mecanismos (interruptores y tomas de corriente) comprobando que sus masas disponen de conductor de puesta a tierra y que su conexión es correcta.
- Se realizará, para los locales más significativos, mediciones de nivel de iluminación sobre puestos de trabajo y general de sala.
- Se examinarán todos los cuadros eléctricos, comprobando el número de salidas y correspondencia entre intensidades nominales de interruptores automáticos con las secciones a proteger, así como su poder de corte con el calculado para el cuadro en ese punto. Los cuadros coincidirán en su contenido con lo reflejado en esquemas definitivos, estando perfectamente identificados todos sus componentes. Asimismo, en el caso que la instalación responda al esquema TN en cualquiera de sus tres modalidades (TN-S, TN-C o TN-C-S), se medirá la resistencia de puesta a tierra del conductor Neutro en cada uno de los cuadros CS, debiendo ser su valor inferior a 5 ohmios.
- Se medirá la resistencia de puesta a tierra de la barra colectora para la red de conductores de protección en B.T., situada en el Cuadro General de B.T., así como la máxima corriente de fuga.
- Se comprobarán todos los sistemas de protección (eléctrica y de detecciónextinción) en el Centro de Transformación.
- Se comprobarán las puestas a tierra de Neutros de transformadores y la resistencia de la puesta a tierra de los mismos con respecto a la de los herrajes de A.T. y barra colectora de protección en B.T. en el Cuadro General de Baja Tensión, así como las tensiones de paso y contacto.
- Se examinarán y comprobarán los sistemas de conmutación entre Suministros Normal y Complementario, con indicación del tiempo máximo de conmutación en caso de que ésta sea automática por fallo en el suministro normal. Cuando el suministro sea



mediante Grupo Electrónico, se comprobará la puesta a tierra del neutro del alternador y se medirá su resistencia.

## 1.7. NORMATIVA DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO

La normativa actualmente vigente y que deberá cumplirse en la realización específica para este capítulo del Proyecto y la ejecución de sus obras, será la siguiente:

- a) **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias** (ITC) BT01 a BT51 según Real Decreto 842/2002 del 2/agosto/2002.
- b) **Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación** de fecha 12/11/82, e Instrucciones Técnicas Complementarias de fecha 06/07/84 con sus correcciones y actualizaciones posteriores.
- c) **Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para Centros de Transformación**
- d) **Código Técnico de la Edificación** (2006).
- e) **Normas de Régimen Interno y Recomendaciones de las Empresas Suministradoras de Energía Eléctrica.**

Aparte de toda esta normativa, se utilizarán otras como las UNE 20460 y 50160 en su apartado 2 del IRANOR, NF-C-15100, NTE del Ministerio de Obras Públicas y las particulares de las Compañías Suministradoras Eléctricas, de la Comunidad y del Ayuntamiento.

## 1.8. DOCUMENTACIÓN Y LEGALIZACIONES

En cumplimiento con el Artículo 19 del R.E.B.T., una vez realizadas las pruebas del apartado 1.7 con resultado satisfactorio, se preparará una Documentación de Apoyo para la explotación de la instalación, que constituirá un anexo al certificado de la instalación y que la EI entregará al titular de la misma. Esta documentación dispondrá de:

1. Tres ejemplares encarpetados y soporte informático de todos los planos y esquemas definitivos de la Instalación.
2. Tres ejemplares encarpetados y soporte informático de la Memoria Descriptiva de la instalación, en la que se incluyan las bases y fundamentos de los criterios del Proyecto.
3. Tres ejemplares encarpetados con las Hojas de Pruebas realizadas conforme al apartado 1.7.
4. Dos ejemplares encarpetados con Información Técnica y recomendaciones de los fabricantes en el Mantenimiento e Instrucciones de funcionamiento de Equipos y Aparata.menta.
5. Dos ejemplares encarpetados con Manuales e Instrucciones de utilización de Equipos.



Junto a estas Recomendaciones Técnicas, la EI entregará a la EC con la supervisión de la DF, todos los Boletines, Certificados y Proyectos que se requieran en cumplimiento del Artículo 18 e ITC-BT-04 del R.E.B.T., para las legalizaciones de las instalaciones objeto de este capítulo, presentados en, y expedidos, por la Consejería de Industria y Energía de la Comunidad Autónoma de Madrid. Los costes de dichas legalizaciones (proyectos, tasas, etc.) serán por cuenta de la EI y formarán parte del contrato con la EC.

El Centro de Transformación será un proyecto completamente independiente del resto de las instalaciones de Baja Tensión, debiendo aportar la EI para ambos (AT y BT) los documentos siguientes:

- Autorización administrativa.
- Proyecto suscrito por técnico competente.
- Certificado de Dirección de Obra.
- Contrato de Mantenimiento.
- Escrito de conformidad por parte de la Compañía Suministradora.

Con los datos obtenidos, la EI elaborará el Proyecto definitivo del Centro de Transformación y entregará una copia del mismo a la Compañía Suministradora, cuya aprobación constituirá el mencionado escrito de conformidad. Posteriormente y mediante las copias oportunas de este proyecto, se gestionará la legalización de la instalación de Media/Alta Tensión en la Consejería de Industria de la correspondiente Comunidad Autónoma.

Las gestiones ante la Compañía Suministradora así como las que se derivan para cumplimiento de la ITC-BT-04 en sus apartados y puntos correspondientes, deberán ser realizadas con anterioridad al comienzo de la ejecución de la obra del proyecto.

## **2. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN Y CABLES DE ALTA TENSIÓN**

### **2.1. GENERALIDADES**

Se incluye en este capítulo toda la aparamenta de Centros de Transformación del tipo interior, y cables para transporte de energía eléctrica con tensiones asignadas superiores a 1 kV e iguales o inferiores a 52 kV.

El local o recinto destinado a alojar en su interior la instalación eléctrica para el Centro de Transformación (CT), cumplirá las condiciones generales descritas en la Instr. MIE-RAT 14 del Reglamento de Seguridad en Centrales Eléctricas, referentes a su situación, conducciones y almacenamiento de fluidos combustibles y de agua, alcantarillado y canalizaciones, etc.

El CT será construido enteramente con materiales no combustibles.

Los elementos delimitadores del CT (muros exteriores, cubiertas, solera, puertas etc), así como los estructurales en él contenidos (columnas, vigas, etc) tendrán una resistencia al fuego RF-20 de acuerdo con las normas del CEPREVEN y NBE CPI-96 para zonas de riesgo especial medio, y sus materiales constructivos del revestimiento interior (paramentos, pavimento y hecho) serán de la clase M0 de acuerdo con la norma UNE 23727. Cuando los transformadores de potencia sean encapsulados con aislamiento en seco, los cerramientos del local podrán ser RF-90, abriendo sus puertas de acceso siempre hacia fuera.

El CT tendrá un aislamiento acústico de forma que no transmita niveles sonoros superiores a los permitidos por las Ordenanzas Municipales. Concretamente, los 30 dBA durante el periodo nocturno y los 55 dBA durante el periodo diurno.

Ninguna de las rejillas del CT será tal que permita el paso de cuerpos sólidos de más de  $\varnothing$  12 mm (IP-2). Las aberturas próximas a partes en tensión no permitirán el paso de cuerpos sólidos de más de  $\varnothing$  2,5 mm (IP-3), y además existirá una disposición laberíntica que impida tocar el objeto o parte en tensión.

Antes del suministro del material que constituye el CT, la Empresa Instaladora (EI) entregará a la Dirección Facultativa (DF) para su aprobación si procede, plano de obra civil con detalles de bancadas, arquetas, pozos de recogida de aceite, tuberías enterradas, cantoneras y tabiques, protecciones metálicas de celdas, guías para ruedas de transformadores debidamente acotados y a escala, así como planos de implantación de equipos indicando las referencias exactas del material a instalar con dimensiones y pesos.

Las celdas a emplear serán modulares equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafluoruro de azufre como elemento de corte y extinción.

Serán celdas de interior y su grado de protección, según la norma UNE 20-324-94, será IP 307 en cuanto a la envolvente externa.

Los cables se conectarán desde la parte frontal de las cabinas. Los accionamientos manuales irán reagrupados en el frontal de la celda a una altura ergonómica, a fin de facilitar la explotación.

El interruptor y el seccionador de puestas a tierra deberá ser un único aparato de tres posiciones (cerrado, abierto y puesto a tierra) asegurando así la imposibilidad de cierre simultáneo de interruptor y seccionador de puesta a tierra.

El interruptor será, en realidad, interruptor-seccionador.

Como medio para la protección de personas, todos los elementos metálicos contenidos en el local del CT, se conectarán entre sí mediante varilla de cobre desnudo de 8mm de  $\varnothing$  y se pondrán a tierra utilizando para ello tomas de tierras independientes a las del resto de instalaciones en B.T. Esta red constituirá la de protección en A.T.

Por debajo del suelo terminado y a una profundidad de 10 cm, se instalará un mallazo de 30x30 cm. formado por redondo de 4 mm de diámetro como mínimo. Este mallazo quedará enlazado con la red de protección en A.T. al menos en dos puntos.

En lugar bien visible se fijará sobre la pared un cuadro enmarcado protegido con cristal, que permita dejar a la vista para consulta la siguiente documentación:

- Esquema de la instalación eléctrica de A.T. con indicación de enclavamientos y modo operativo de maniobras.
- Placa de primeros auxilios.

Asimismo en el interior del local se dispondrá de un tablero que soportará todos los elementos y dispositivos de protección personal y maniobras, tales como: guantes aislantes, manivelas, y palancas de accionamiento de la apartamenta, banqueta aislante, pértiga de maniobras, equipo de primeros auxilios, etc. reglamentarios.

En la configuración del local y situación de equipos, se tendrá muy en cuenta las necesidades de ventilación y refrigeración (natural o forzada), para evitar temperaturas de riesgo en componentes.



Los cables serán aislados del tipo unipolar para redes trifásicas de Categoría A, en aluminio o cobre según se especifique en otros documentos del Proyecto, debiéndose cumplir en su elección e instalación todas las recomendaciones del fabricante.

## **2.2. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN**

### **2.2.1. Envolverte metálica**

Las celdas responderán, en su concepción y fabricación de aparamenta bajo envolverte metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE 20099 y UNE20324. Se deberán distinguir, al menos, los siguientes compartimentos:

- a) Compartimento de aparellaje.
- b) Compartimento de juego de barras.
- c) Compartimento de conexión de cables
- d) Compartimento de mando.
- e) Compartimento de control.

Estos compartimentos se describen a continuación.

#### **a) Compartimento de aparellaje**

Estará relleno de SF<sub>6</sub> y sellado de por vida, según se define en el anexo GG de la recomendación CEI 298-90. El sistema de sellado será comprobado individualmente en fabricación y no se requerirá ninguna manipulación del gas durante toda la vida útil de la instalación (hasta 30 años). La presión relativa de llenado será de 0,4 Bar.

Toda sobrepresión accidental originada en el interior del compartimento de aparellaje, estará limitada por la apertura de la parte posterior del cárter, debiendo ser canalizados los gases a la parte posterior de la cabina sin ninguna manifestación o proyección en la parte frontal.

Las maniobras de cierre y apertura de los interruptores, y cierre de los seccionadores de puesta a tierra, se efectuarán con la ayuda de un mecanismo de acción brusca independiente del operador.

El seccionador de puesta a tierra dentro del SF<sub>6</sub>, deberá tener un poder de cierre en cortocircuito de 40 kA.

El interruptor realizará las funciones de corte y seccionamiento.

#### **b) Compartimento del juego de barras**

Se compondrá de tres barras aisladas de cobre de 630 A como mínimo conexionadas mediante tornillos de cabeza allen M8 con par de apriete de 2,8 m x kg.

#### **c) Compartimento de conexión de cables**

Serán aptos para conectar cables de aislamiento en seco y cables con aislamiento en papel impregnado. Las extremidades de los cables serán:

- Simplificadas para cables secos.
- Termorretráctiles para cables en papel impregnado.



**d) Compartimento de mando**

Contendrá los mandos del interruptor y del seccionador de puesta a tierra, así como la señalización de presencia de tensión. Se podrán montar en obra los siguientes accesorios, si se requieren posteriormente:

- Motorizaciones.
- Bobinas de cierre y/o apertura.
- Contactos auxiliares.

Este compartimento deberá ser accesible en tensión, pudiéndose motorizar, añadir accesorios o cambiar mandos, manteniendo la tensión en el Centro.

**e) Compartimento de control**

En el caso de mandos motorizados, este compartimento estará equipado con bornas de conexión y fusibles de baja tensión. En cualquier caso, este compartimento será accesible en tensión, tanto en barras como en los cables.

Se dispondrán etiquetas de identificación en el frente de cada celda. Las etiquetas serán de plástico laminado, firmemente fijadas al soporte, escritas indeleblemente en lengua castellana y, eventualmente, otra lengua oficial del Estado, con caracteres de 20 mm de altura, grabados en blanco sobre fondo negro.

Todas las celdas llevarán un esquema unifilar realizado con material inalterable en el que se indicarán los aparatos, enclavamientos y demás componentes.

El conjunto y todos los componentes eléctricos deberán ser capaces de soportar los esfuerzos térmicos y dinámicos resultantes de la intensidad de cortocircuito en sus valores eficaz y de cresta.

Los tornillos, pernos, arandelas etc, para las uniones entre celdas o su fijación a bancada de obra, serán de acero y estarán cadmiados.

El fabricante deberá suministrar los certificados de los ensayos de cortocircuito o en su defecto los cálculos correspondientes que se hayan utilizado para el dimensionado de las barras.

La base de fijación a bancada consistirá en una estructura adecuada para ser anclada al suelo y estará provista de sus correspondientes pernos de anclaje. La estructura y los pernos se suministrarán separados de las celdas, a fin de que puedan instalarse antes que las mismas.

Todas las celdas se protegerán contra la corrosión por medio de una imprimación a base de dos capas de pintura anticorrosiva y una pintura de acabado.

**2.2.2. Aparellaje**

Las características eléctricas fundamentales de todos los componentes eléctricos según su tensión asignada serán:

- |                       |       |       |       |
|-----------------------|-------|-------|-------|
| • Tensiones asignadas | 24 kV | 36 kV | 52 kV |
|-----------------------|-------|-------|-------|





Nivel de aislamiento asignado:

• A frec. industrial de 50Hz, durante 1 min.	52 kV	70 kV	95 kV
• Impulso tipo rayo	125 KV	170 kV	250 kV
• Intensidad admisible de corta duración	16 kA	31,5 kA	25 kA
• Valor de cresta de la intensidad admisible	40 kA	80 kA	63 kA

#### a) Interruptores- seccionadores

En condiciones de servicio, corresponderá a las características eléctricas expuestas anteriormente según sea su tensión asignada.

#### b) Interruptor automático

Será en SF6, y dispondrá de unidad de control constituida por un relé electrónico, un disparador instalado en el bloque de mando del disyuntor y unos transformadores de intensidad montados en cada uno de los polos.

#### c) Cortacircuitos fusibles

Las cabinas de protección con interruptor y fusibles combinados estarán preparadas para colocar cortacircuitos fusibles de bajas pérdidas tipo CF. Sus dimensiones se corresponderán con las normas DIN-43.625.

#### d) Puesta a tierra

La conexión del circuito de puesta a tierra se realizará mediante pletinas de cobre de 25x5 mm conectadas en la parte inferior de las cabinas formando un colector único. Estas pletinas se conectarán entre si y el conjunto a la red general de puesta a tierra para Protección en A.T.

#### e) Equipos de medida

El equipo de medida estará compuesto de los transformadores de medida ubicados en la Celda de Medida de A.T. y el equipo de contadores de energía activa y reactiva, así como de sus correspondientes elementos de conexión, instalación y precintado. Las características eléctricas de los diferentes elementos serán:

Los transformadores de medida deberán tener las dimensiones adecuadas de forma que se puedan instalar en celdas de A.T. guardando las distancias correspondientes a su aislamiento. Por ello será preferible que sean suministrados por el propio fabricante de las celdas ya instalados en las mismas. En el caso de que los transformadores no sean suministrados por el fabricante de celdas se le deberá hacer la consulta sobre el modelo exacto de transformadores que deben instalarse, a fin de tener la garantía de que las distancias de aislamiento, pletinas de interconexión, etc, serán las correctas.

Los contadores de energía activa y reactiva estarán homologados por el organismo competente. Sus características eléctricas estarán especificadas en la Memoria.

En general, para todo lo referente al montaje del equipo de medida, precintabilidad, grado de protección, etc, se tendrá en cuenta a lo indicado, a tal efecto, en la normativa de la Compañía Suministradora.



#### f) Transformadores de Potencia

Serán encapsulados en resina y refrigeración forzada por aire.

De no indicarse lo contrario, el grupo de conexión será DY11n, con punto neutro accesible y borna de conexión junto a las de las tres fases de B.T. Asimismo, dispondrá de conmutador manual en arrollamientos de A.T., para ajuste de tensiones de entrada de la Compañía Suministradora, según sus normas particulares.

Los transformadores se suministrarán completamente montados y preparados para su conexión, debiendo llevar incorporados todos los elementos normales y accesorios descritos en Mediciones. Se consideran elementos normales, bastidor metálico con ruedas orientables para el transporte, puntos de amarre para elevación, tomas de conexión para la puesta a tierra y placa de características.

Los transformadores encapsulados serán en resina epoxi polimerizada, clase térmica F, mezclada con harina de sílice y endurecedor; todos ellos, materiales autoextinguibles. Las bobinas, una vez encapsuladas, deberán ser sometidas a ensayo de descargas parciales según UNE-20.178, UNE-21.538-1 y UNE-EN60.076.

El núcleo magnético será en banda magnética de grano orientado, laminada en frío, aislada eléctricamente en ambas caras por una capa fina de carlita. Su construcción dará como resultado un perfecto ensamblado entre columnas y culatas (de sección circular prácticamente), fijadas rígidamente mediante perfiles metálicos (en los encubados podrán ser de madera) con pasadores y zunchos de apriete, a fin de obtener un nivel acústico inferior a 80 dB(A) en transformadores hasta 1.600 kVA.

Los devanados de B.T. serán en banda de aluminio o cobre, dispuestos en capas separadas (especialmente en los encapsulados) que permitan mejorar su refrigeración. Los devanados de A.T. serán en hilo o cinta de cobre.

Los transformadores llevarán un sistema de control y protección con prealarma y disparo, que será de temperatura para los encapsulados.

Los terminales de B.T. serán del tipo "pala" adecuados a la intensidad nominal del transformador. Los de A.T. serán del tipo "espárrago" para conexión por terminal. Tanto unos como otros serán en cobre, debiendo ir rígidamente unidos y aislados a la estructura del transformador, que les permitirá aguantar sin deformación, los esfuerzos electrodinámicos debidos a cortocircuitos.

Las celdas que albergarán a los transformadores serán, en obra civil con tabiques de 100 mm de espesor. El frente de la celda se construirá mediante puerta metálica de doble hoja con unas dimensiones mínimas de 500+A, siendo A = frente del transformador, en mm. La altura de la puerta será la del local, disminuida 300 mm, quedando la abertura en la parte superior de la celda. Será fabricada en chapa de hierro ciega de 2 mm de espesor sobre bastidor del mismo material. Irá equipada de cerraduras enclavadas manualmente con los sistemas de apertura de los interruptores de A.T. y B.T. del transformador correspondiente, así como dos mirillas transparentes en material inastillable de 150x200 mm a 1.800 mm del suelo.

Todos los elementos metálicos de las celdas de transformadores (puertas y herrajes) serán pintados en el mismo color de las envolventes de las cabinas de A.T., previo tratamiento mediante dos capas de pintura antioxidante.



Los transformadores, en sus celdas, irán apoyados en perfiles de hierro en U-50 o U-80 (según la anchura de las ruedas de los transformadores a instalar) empotrados en el suelo, los cuales servirán de guía a las ruedas, permitiendo su acuíñamiento para inmovilización de los transformadores. Esta fijación de transformadores se hará en tal punto de la celda, que las distancias entre los terminales de A.T. y masas sean como mínimo de 100 mm + 6 mm por kV o fracción de kV de la tensión de servicio, respetándose una distancia mínima entre transformadores y cerramiento de 200 mm.

Para la conexión de circuitos en B.T. a bornas del transformador se instalarán en todos los casos, un juego de pletinas de cobre soportadas por aisladores fijados a apoyos metálicos rígidos, que servirán de paso intermedio entre los cables y las bornas de B.T. del transformador. Desde la pletina de la borna del neutro se derivará, mediante cable aislado 0,6/1 kV, para la puesta a tierra del mismo. Esta "toma de tierra" será independiente eléctricamente para cada uno de los transformadores y la utilizada para herrajes.

### 2.2.3. Normas de ejecución de las instalaciones

Todas las normas de construcción e instalación del Centro de Transformación se ajustarán, en todo caso, a los planos, mediciones y calidades que se expresan, así como a las directrices que la Dirección Facultativa estime oportunas.

Además del cumplimiento de lo expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normas que le pudieran afectar, emanadas por Organismos Oficiales.

### 2.2.4. Pruebas reglamentarias

La aparata eléctrica que compone la instalación deberá ser sometida a los diferentes ensayos de tipo y serie que contemplen las normas UNE o recomendaciones UNESA conforme a las cuales esté fabricada.

Asimismo, una vez ejecutada la instalación se procederá, por parte de la entidad acreditada por los organismos públicos competentes al efecto, a la medición reglamentaria de los siguientes valores:

- Resistencia de aislamiento de la instalación.
- Resistencia del sistema de puesta a tierra para protección en Alta Tensión (herrajes).
- Resistencia de las puestas a tierra de los Neutros de transformadores.
- Tensiones de paso y de contacto.

### 2.2.5. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

#### a) Prevenciones Generales

1. Queda terminantemente prohibida la entrada en el local de esta estación a toda persona ajena al servicio y siempre que el encargado del mismo se ausente deberá dejarlo cerrado con llave.



2. Se pondrán en sitio visible del local, y a su entrada, placas de aviso de "peligro de muerte".
3. En el interior del local no habrá más objetos que los destinados al servicio del centro de transformación, como banqueta, guantes, etc.
4. No estará permitido fumar ni encender cerillas ni cualquier clase de combustible en el interior del local del centro de transformación y en caso de incendio no se empleará nunca agua para apagarlo.
5. No se tocará ninguna parte de la instalación en tensión, aunque se esté aislado.
6. Todas las maniobras se efectuarán colocándose convenientemente los guantes y sobre banqueta.
7. En sitio bien visible estarán colocadas las instrucciones relativas a los socorros que deben prestarse en los accidentes causados por electricidad, debiendo el personal estar instruido prácticamente a este respecto, para aplicarlas en caso necesario. También, y en sitio visible, debe figurar el presente Reglamento y esquema de todas las conexiones de la instalación, aprobado por la Consejería de Industria, a la que se pasará aviso en caso de introducir alguna modificación en este centro de transformación, para su inspección y aprobación, en su caso.

#### **b) Puesta en Servicio**

1. Se conectará primero los seccionadores de alta y a continuación el interruptor de alta, dejando en vacío el transformador. Posteriormente, se conectará el interruptor general de baja, procediendo en último término a la maniobra de la red de baja tensión.
2. Si al poner en servicio una línea se disparase el interruptor automático o hubiera fusión de cartuchos fusibles, antes de volver a conectar se recorrerá detenidamente la línea e instalaciones y, si se observase alguna irregularidad, se dará cuenta de modo inmediato a la empresa suministradora de energía.

#### **c) Separación de Servicio**

1. Se procederá en orden inverso al determinado en el apartado 2.2.5.b), es decir, desconectando la red de baja tensión y separando después el interruptor de alta y seccionadores.
2. Si el interruptor fuera automático, sus relés deben regularse por disparo instantáneo con sobrecarga proporcional a la potencia del transformador, según la clase de la instalación.
3. A fin de asegurar un buen contacto en las mordazas de los fusibles y cuchillas de los interruptores, así como en las bornas de fijación en las líneas de alta y de baja tensión, la limpieza se efectuará con la debida frecuencia. Si hubiera de intervenir en la parte de línea comprendida entre la celda y seccionador aéreo exterior se avisará por escrito a la compañía suministradora de energía eléctrica para que corte la corriente en la línea alimentadora, no comenzando los trabajos sin la conformidad de ésta, que no restablecerá el servicio hasta recibir, con las debidas garantías, notificación de que la línea de alta se encuentra en perfectas condiciones, para garantizar la seguridad de personas y cosas.
4. La limpieza se hará sobre banqueta, con trapos perfectamente secos, y muy atentos a que el aislamiento, que es necesario para garantizar la seguridad personal, sólo se consigue teniendo la banqueta en perfectas condiciones y sin apoyar en metales u otros materiales derivados a tierra.

#### d) Prevenciones Especiales

1. No se modificarán los fusibles y al cambiarlos se emplearán de las mismas características y curva de fusión.
2. No debe de sobrepasar los 60°C la temperatura del líquido refrigerante, en los aparatos que lo tuvieran, y cuando se precise cambiarlo se empleará de la misma calidad y características.
3. Deben humedecerse con frecuencia las tomas de tierra. Se vigilará el buen estado de los aparatos, y cuando se observe alguna anomalía en el funcionamiento del centro de transformación, se pondrá en conocimiento de la Compañía Suministradora, para corregirla de acuerdo con ella.
4. En los accesos al CT se dispondrán dos extintores de incendios.

### 2.3. CABLES DE TRANSPORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA (1–52 kV)

Los cables que este apartado comprende, han quedado definidos en el 2.1.- *Generalidades*, pudiendo ser para su instalación aérea, a la intemperie o enterrada. Todos ellos aislados con Polietileno Reticulado (XLPE), goma Etileno-Propileno (EPR), o papel impregnado (serie RS) construidos según normas UNE 20.432, 21.172, 21.123, 21.024, 20.435, 21.022, 21.114 y 21.117, así como la UNESA 3305. Podrán ser en cobre o aluminio, y siempre a campo radial.

La naturaleza del conductor quedará determinada por Al cuando sea en aluminio, no teniendo designación alguna cuando sea en cobre.

Los cables serán por lo general unipolares, salvo que se indique lo contrario en otros documentos del Proyecto, y calculados para:

- Admitir la intensidad máxima de la potencia instalada de transformadores, incluso en el caso de circuito en Anillo, que permitirá abrirlo en cualquiera de sus tramos sin detrimento para la mencionada potencia.
- Soportar la corriente presunta de cortocircuito sin deterioro alguno durante un tiempo superior a un segundo. Para ello se utilizarán las tablas facilitadas por el fabricante, teniendo en cuenta su forma de instalación y recomendaciones en el tendido y montaje de los cables. Las conexiones para empalmes y terminales deberán ser realizadas siempre mediante accesorios normalizados y kits preparados y apropiados al tipo de cable.

#### 2.3.1. Cables aislamiento con Polietileno Reticulado (XLPE)

Serán para instalación aérea, bien directamente fijado a soportes, bien alojado en canalizaciones. Cuando el trazado del circuito o línea exija tramos enterrados, podrá ser utilizado este cable siempre y cuando se le dote de una cubierta exterior especial y termoplástica según recomendación UNESA 3305C.

Soportarán temperaturas de trabajo para el conductor de 90°C en régimen permanente y de 105°C en sobrecargas, siendo de 250°C en el caso de cortocircuito con tiempo de duración igual o inferior a 5 segundos.

Durante el tendido, el radio de curvatura de los cables no será inferior a 10 veces la suma del diámetro exterior del cable unipolar (D) y el del conductor (d), es decir  $R_{curvatura} \geq 10 \times (D+d)$ , ni los esfuerzos de tracción superar los  $5 \frac{kg}{mm^2}$  aplicados directamente al conductor



(no a los revestimientos) cuando sean de cobre, y de  $2,5 \frac{kg}{mm^2}$  en el caso de aluminio. Asimismo, la temperatura del cable durante esta operación debe ser superior a los  $0^{\circ}C$  y la velocidad de tendido no exceder de 5 m/min.

### 2.3.2. Cables aislamiento con goma Etileno-Propileno (EPR)

Serán para instalación enterrada en lugares húmedos y encharcados, bien directamente o bien alojados en tubos.

Soportarán temperaturas de trabajo para el conductor de  $90^{\circ}C$  en régimen permanente y de  $130^{\circ}C$  en sobrecarga, siendo de  $250^{\circ}C$  en el caso de cortocircuito con tiempo de duración igual o inferior a 5 segundos.

Durante el tendido se seguirán las mismas recomendaciones hechas para el XLPE en el apartado anterior.

La profundidad a la que deben ir enterrados será como mínimo de 70 centímetros.

Cuando vayan canalizados en tubos, cada uno de estos no alojará más de una terna (3 unipolares de un mismo sistema trifásico), siendo la relación entre el diámetro del tubo (D) y el del conductor unipolar de la terna (d) igual o superior a  $D/2d = 2$ ;  $D/d = 4$ .

En el caso de ir directamente enterrados, se abrirá una zanja de 60 cm de ancho con una profundidad mínima de 85 cm. El terreno firme del fondo se cubrirá con un lecho de arena de río (nunca de mar) o tierra vegetal tamizada de 15 cm de espesor, sobre el que se tenderán los cables que de ser unipolares quedarán separados uno de otro 8 cm como mínimo. Sobre ellos se echará una misma capa del mismo material que la cama, con 20 cm de espesor, para posteriormente proceder al relleno de la zanja con el material que se sacó para hacerla, teniendo presente la necesidad de colocar señalizaciones que denuncien la presencia de los cables, en futuras excavaciones. Como señalizaciones se colocará una hilera de ladrillos macizos por encima de los cables a 25 cm, y por encima de los ladrillos a 10 cm una cinta o banda de polietileno color amarillo en donde se advierte de la presencia inmediata de cables eléctricos. La cinta será según norma UNE 48103.

Cuando la instalación sea en tubo enterrado la zanja y sistema de señalización serán idénticos a los descritos anteriormente. En este caso los tubos se registrarán mediante arquetas de  $150 \times 150$  cm separadas como máximo 15 metros. Las arquetas una vez pasados los cables, se llenarán con arena de río y se cerrarán con tapa enrasada con el pavimento.

## 3. CUADROS DE BAJA TENSIÓN

### 3.1. GENERALIDADES

Se incluyen aquí todos los cuadros y paneles de protección, mando, control y distribución para una tensión nominal de 440 V y frecuencia 50/60 Hz.

Básicamente los cuadros estarán clasificados en Cuadros Generales y Cuadros Secundarios. Los primeros serán para montaje mural apoyados en el suelo con unas dimensiones de paneles mínimas de  $1.800 \times 800 \times 400$  mm y máximas de  $2.100 \times 1000 \times 1000$  mm. Los segundos podrán ser para montaje empotrado o mural fijados a pared y con unas dimensiones mínimas de  $1000 \times 550 \times 180$  mm y máximas de  $1.500 \times 1000 \times 200$  mm.

Los cuadros se situarán en locales secos, no accesibles al personal externo y fácil acceso para el personal de servicio. Su fijación será segura y no admitirá movimiento alguno con respecto a ella. Cuando el techo, bajo el cual se sitúe el cuadro, no tenga resistencia al fuego, este se colocará a una distancia de 750 mm como mínimo del mismo. Los locales donde



se sitúen los Cuadros Generales, de no indicarse lo contrario en otros documentos del proyecto, sus cerramientos dispondrán de una resistencia al fuego RF-120 como mínimo, deberán cumplir con la ITC-BT-30 apartado 8, disponer de ventilación forzada que garantice una temperatura igual o inferior a 30°C y sus puertas de acceso siempre abrirán hacia fuera. Su altura de montaje permitirá la continuidad del rodapié existente de 400 mm.

Todos los cuadros se suministrarán conforme a lo reflejado en esquemas, acabados para su correcto montaje y funcionamiento del conjunto, aún cuando algún material (siendo necesario) no esté indicado explícitamente.

Antes de su fabricación, la Empresa Instaladora (EI) entregará para ser aprobados por la Dirección Facultativa (DF), planos desarrollados para su construcción, donde quede reflejado las referencias exactas del material, su disposición y conexionado con señalizaciones dentro de la envolvente, constitución de los barrajes y separación entre barras de distinta fase así como de sus apoyos y rigidizadores cuando sean necesarios, dimensiones de paneles y totales del conjunto del cuadro, detalles de montaje en obra, etc.

Además de estos cuadros, podrán instalarse por quedar indicado en Mediciones, cajas de mando y protección local para un uso específico, cuyo contenido será el reflejado en esquemas de principio. En todos los casos, no quedará al alcance de personas ningún elemento metálico expuesto a tensión, debiendo estar impedido el accionamiento directo a dispositivos mediante tapas o puertas abatibles provistas de cerradura con llave que lo obstaculice; esta condición es extensiva a todos los cuadros.

La función de los cuadros de protección es la reflejada en el R.E.B.T., ITC-BT-17, ITC-BT22, ITC-BT23, ITC-BT24 e ITC-BT28, por tanto cumplirán sus exigencias, además de las normas UNE 20.460-4-43, UNE-20.460-4-473 aplicables a cada uno de sus componentes.

Todos los cuadros llevarán bolsillo portaplanos, portaetiquetas adhesivas y barra colectora para conductores de protección por puesta a tierra de masas, empleándose métodos de construcción que permitan ser certificados por el fabricante en sus características técnicas.

## **3.2. COMPONENTES**

### **3.2.1. Envoltentes**

Serán metálicas para Cuadros Generales, y aislantes o metálicas para Cuadros Secundarios según se especifique en Mediciones.

Las envoltentes metálicas destinadas a Cuadros Generales de Baja Tensión (CGBT) de la instalación, estarán constituidos por paneles adosados provistos de puertas plenas delanteras abatibles o módulos de chapa ciega desmontables que dejen únicamente accesibles en ambos casos los mandos de los interruptores, y traseras desmontables. Los paneles estarán contruidos mediante un bastidor soporte enlazable, revestido con tapas y puertas en chapa electrocincada con tratamiento anticorrosivo mediante polvo epoxi y poliéster polimerizado al calor, grado de protección IP 307 o superiores en Salas de Máquinas o al exterior. Serán conforme a normas UNEEN60.439-1-3, UNE 20.451, UNE 20.324, e IK07 según UNE-EN 50.102.

Los paneles ensamblados entre sí y fijados a bancada en obra, deberán resistir los esfuerzos electrodinámicos de cortocircuito en barras calculados para la Icc previsible en ellos.

Las puertas delanteras irán troqueladas para dejar paso a los mandos manuales de interruptores, que a su vez irán fijados al bastidor del panel mediante herrajes apropiados al conjunto. Toda la mecanización de las envoltentes deberá ser realizada con anterioridad al tratamiento de protección y pintura. La tornillería utilizada para los ensamblados será cadmiada o zincada con arandelas planas y estriadas.

Tanto las puertas traseras como las delanteras cuando las lleven, dispondrán de junta de neopreno que amortigüe las vibraciones.

El cuadro en su conjunto, una vez terminado y con las puertas cerradas, solo podrá dejar acceso directo a los mandos de interruptores por su parte frontal, quedando a la vista únicamente los mandos, aparatos de medida, manivelas de las puertas, señalizaciones, rótulos, etiqueteros y esquemas sinópticos.

Todos los paneles dispondrán de una borna para conexión del conductor de protección por puesta a tierra.

El acceso al cuadro será únicamente por su parte frontal, debiendo su diseño y montaje permitir la sustitución de la aparamenta averiada sin que sea necesario el desmontaje de otros elementos no implicados en la incidencia.

Estas envolventes una vez fijadas a la bancada y paredes, deberán resistir los esfuerzos electrodinámicos de cortocircuito en barras calculados para la Icc previsible en ellos.

Todas las envolventes descritas anteriormente dispondrán de rejillas y filtro para polvo que favorezcan su ventilación, irán pintadas en color a elegir por la DF y llevarán cáncamos para elevación y transporte.

Las envolventes para Cuadros Secundarios (CS) serán para montaje mural o empotrado, metálicos o en material aislante según se indique en Mediciones. Todos ellos serán de doble puerta frontal, la primera transparente o ciega (según Mediciones) y bloqueada mediante cerradura con llave maestreada de seguridad, y la segunda troquelada para paso de mandos manuales de interruptores y fijada por tornillos. El grado de protección será IP 415 para los empotrados, y de IP 307 para los murales. Su construcción y fijación soportará los esfuerzos electrodinámicos de cortocircuito de 15 kA o superior, para aquellos cuadros cuya intensidad de cortocircuito sea mayor.

### **3.2.2. Aparamenta**

Se incluye en este apartado todos los dispositivos de protección cuyas características se definen en la norma UNE-20.460-4-43, seccionamiento, maniobra, mando, medida, señalización y control, fijado y conexionado dentro de las envolventes de los cuadros eléctricos.

La misión fundamental es proporcionar seguridad a las instalaciones (incluso la de los propios dispositivos) y a las personas, de donde nace la importancia del diseño y cálculo para su elección, que será siempre conforme a la norma UNE-20.460-4-473.

Esta aparamenta deberá ser dimensionada para soportar sin deterioro:

- La máxima intensidad solicitada por la carga instalada.
- La máxima intensidad de cortocircuito calculada para la instalación en el punto donde va montada, protegiendo con su disparo toda la instalación que deja sin servicio.

El tarado de protecciones de corto retardo ( $I_m$ ), en el sistema de distribución TN-S, será igual o inferior a la corriente presunta de defecto ( $I_d$ ) en el extremo del cable más alejado del disyuntor que le protege; debiéndose cumplir que el producto de la  $I_d$  por la suma de impedancias de los conductores de protección, hasta el punto Neutro, sea igual o inferior a 50 V; todo ello de conformidad con la IEC 364 y como cumplimiento de la ITC-BT-24 apartado 4.1.1. Esta condición no es de aplicación a las líneas protegidas en cabecera mediante Dispositivos de disparo Diferencial por corriente Residual (DDRs).





Las instalaciones situadas aguas abajo, hasta el siguiente escalón de protección, deberán soportar como mínimo la intensidad permanente de tarado en largo retardo ( $I_r$ ) de las protecciones del disyuntor destinado a esa protección.

Las solicitudes térmicas admisibles para las instalaciones situadas aguas abajo del disyuntor que las protege, deben ser mayores que la limitada por dicho disyuntor frente a un cortocircuito.

Todos los dispositivos de protección por máxima corriente serán de corte omnipolar, y cuando sean tetrapolares el polo neutro también llevará relé de sobreintensidad.

Cuando exista escalonamiento en las protecciones, se deberán mantener criterios de SELECTIVIDAD NATURAL (amperimétrica, cronométrica o energética), o bien SELECTIVIDAD REFORZADA, conjugando poderes de LIMITACIÓN en los interruptores de cabecera con poderes de corte y solicitudes térmicas para el disparo de los situados inmediatamente más abajo (FILIACIÓN). Para este método de cálculo y diseño se tendrán en cuenta las tablas proporcionadas por el fabricante de la Aparata. En cualquier caso el diseño debe llevarnos al resultado de que, ante un defecto en la instalación, éste quede despejado únicamente por el escalón más cercano situado aguas arriba del defecto, sin ningún deterioro sensible de las instalaciones. (Protección total a los cortocircuitos)

Para la protección de personas contra contactos indirectos se dispondrá de disyuntores, Interruptores Diferenciales (ID) o Dispositivos de corriente Diferencial Residual (DDR), (su sensibilidad será la indicada en Mediciones) que complementará a la red de puesta a tierra de masas mediante conductor de protección (CP). Con este sistema de protección, podrá usarse indistintamente los Regímenes de Neutro TT o TNS. No obstante, cuando se utilice el TN-S, la protección contra contactos indirectos de las líneas hasta el último escalón de protección, podrá estar realizada mediante los dispositivos de disparo de máxima intensidad en corto retardo que las protegen.

Los ID y DDR serán clase A, insensibles a las perturbaciones debidas a ondas de choque, siendo sensibles a corrientes alternas y continuas pulsantes. Los DDR irán asociados a un disyuntor con contactos auxiliares para la identificación remota de su estado Abierto o Cerrado.

De acuerdo con la ITC-BT-28 punto 2.1 se dispondrá, para los Servicios de Seguridad de Ascensores, Bomba de Incendio y Extractores de humos, un sistema de protección contra contactos indirectos sin corte al primer defecto, compuesto por transformadores de aislamiento desde los que alimentarán los receptores. Se dispondrán controladores permanentes de aislamientos que al primer defecto emitan señales de aviso en las Salas de los Cuadros correspondientes y en el puesto de Control General. Para un posible segundo defecto de dotarán las salidas con protecciones contra sobreintensidades, cortocircuitos y corrientes de fugas, cubriendo las posibilidades de TN o TT. Para evitar las capacidades de los conductores se deberán independizar los de protección en canalizaciones separada de los activos. Cada cuadro dispondrán de protecciones contra sobretensiones, coordinadas aguas arriba, con las del C.G.B.T.

Todos los interruptores del C.G.B.T. y los dispositivos generales de protección diferencial de los Cuadros Secundarios dispondrán de contactos de defecto para el Sistema de Control general del Edificio.

### **3.2.3. Embarrados y Cableados**

En los cuadros CGBT las conexiones entre interruptores y disyuntores con intensidades iguales o superiores a 250 A, se realizarán mediante pletina de cobre con cubierta termorretráctil en colores normalizados fijada a la estructura del cuadro con aisladores o



rigidizadores de barraje. Tanto los soportes, como dimensión y disposición de pletinas, formarán un conjunto capaz de soportar los esfuerzos electrodinámicos ante un cortocircuito calculado para ellos en cada caso, de no quedar especificado en otros documentos del Proyecto. El conexionado entre pletinas, y entre ellas y la apartamenta se realizará con tornillería hexagonal de rosca métrica, dispuesta de arandelas planas y estriadas; todo en acero cadmiado. La sección de las pletinas permitirá, al menos, el paso de la intensidad nominal de los interruptores que alimentan, sin calentamientos.

La barra de Neutros será única en todo el recorrido dentro de los Cuadros Generales de Baja Tensión, no existiendo interrupción de la misma incluso en el caso de barrajes separados para diferentes transformadores de potencia, vayan o no acoplados en paralelo.

Cuando los embarrados estén realizados con pletina de 5 mm de espesor ejerciéndose los esfuerzos electrodinámicos en el sentido de esta dimensión, los soportes de fijación del barraje no se distanciarán más de 35 cm, siempre que la pletina pueda vibrar libremente. Si la pletina es de 10 mm instalada en las mismas condiciones, esta distancia máxima entre soportes podrá ser de 50 cm. En ambos casos la carga máxima a la que se verá sometido el barraje de cobre frente a la corriente presunta de cortocircuito en él, deberá ser igual o inferior a 3500 kg/cm<sup>2</sup> para el cobre de dureza 110 Vickers y 3000 kg/cm<sup>2</sup> para el de dureza 100 Vickers. Como cálculo reducido para el cobre de 100 Vickers, podrán utilizarse la siguientes expresiones:

a) Sin todos los soportes rígidamente unidos a la estructura del cuadro ( viga apoyada en sus extremos ):

$$\text{Carga máxima: } \frac{I_{cc}^2 \times L^2}{65 \times d \times W} \leq 3000$$

W = Módulo resistente de la sección en cm<sup>3</sup>

I<sub>cc</sub> = Intensidad de cortocircuito en kA

L = Distancia entre soportes del embarrado en cm

d = Distancia entre ejes de pletinas de fases en cm

b) Con todos los soportes rígidamente unidos a la estructura del cuadro ( viga empotrada en sus extremos ):

$$\text{Carga máxima: } \frac{I_{cc}^2 \times L^2}{98 \times d \times W} \leq 3000$$

W = Módulo resistente de la sección en cm<sup>3</sup>

I<sub>cc</sub> = Intensidad de cortocircuito en kA

L = Distancia entre soportes del embarrado en cm

d = Distancia entre ejes de pletinas de fases en cm

Cuando la barra de cualquiera de las fases esté formada por varias pletinas iguales separadas entre sí para su ventilación, el módulo resistente de la sección total será la suma de los módulos resistentes de cada una de las pletinas que formen dicha barra.



Con los valores obtenidos para la distancia entre apoyos y soportes, se comprobará que el barraje no se verá sometido a fenómenos de resonancia derivados de la pulsación propia de los esfuerzos electrodinámicos debidos a la corriente eléctrica que por él discurre.

La expresión por la que se rige la frecuencia propia de oscilación del embarrado es:

$$f = 50 \times 10^4 \times \frac{b}{L^2}$$

en donde:

b = Longitud en cm. de la barra que puede vibrar libremente, medida en el sentido del esfuerzo.

L = Longitud en cm. Medida entre apoyos o soportes rigidizadores del barraje.

Teniendo en cuenta que los esfuerzos electrodinámicos del cortocircuito son pulsatorios de frecuencia principal propia doble que la de las corrientes que los crean ( $50 \times 2 = 100$  Hz), se ha de elegir una distancia entre apoyos del barraje que dé un cociente entre ambas frecuencias ( $f/50$ ) sensiblemente distinto de 1, 2 y 3.

Por lo general, el embarrado (tres fases y neutro) irá instalado en la parte superior del cuadro, estableciéndose una derivación vertical del mismo, por panel, para la distribución a disyuntores. En la parte inferior del cuadro, en toda la longitud, dispondrá de una barra (pletina de cobre) colectora de todas las derivaciones de la línea principal de tierra. Esta barra estará unida a la puesta a tierra de protección en B.T. del edificio, y a ella también irán unidas cada una de las estructuras metálicas de paneles que constituyen el cuadro. El color de la barra colectora será amarillo-verde.

Los cableados se realizarán para interruptores y disyuntores inferiores a 250 A. Siempre serán con cable flexible RZ1-K-0,6/1 kV (AS) provisto de terminales de presión adecuados a la conexión. Su canalización dentro del cuadro será por canaletas con tapas de PVC y una rigidez dieléctrica de 240 kV/cm. Los cables irán señalizados con los colores normalizados y otros signos de identificación con los esquemas definitivos. La conexión de los cables a las pletinas se realizará con el mínimo recorrido, usando siempre terminales redondos, tornillos, arandelas planas y estriadas en acero cadmiado, siendo la sección del cable la máxima admisible por el borne de conexión del disyuntor. En los cuadros CS se permitirá el uso de peines de distribución, debiendo cumplir las características que para este caso determina el fabricante.

Todas las salidas de disyuntores destinadas a alimentar receptores con consumos iguales o inferiores a 32 A estarán cableados hasta un regletero de bornas de salida en el interior del cuadro. Cada borna estará identificada con su disyuntor correspondiente. Los conductores de enlace entre los disyuntores y las bornas del cuadro seguirán siendo del tipo RZ1-K-0,6/1 kV (AS), con la sección adecuada a la intensidad nominal del disyuntor que la protege.

No se admitirán otro tipo de conexiones en los cableados que las indicadas en este apartado.



### 3.2.4. Elementos accesorios

Se consideran elementos accesorios en los cuadros:

- Canaletas, no propagadoras de la llama.
- Rótulos.
- Etiqueteros.
- Señalizaciones.
- Herrajes y fijaciones.
- Bornas.
- Retoques de pintura.

En general, son todos los elementos que, sin ser mencionados en Mediciones, se consideran incluidos en la valoración de otros más significativos y que, además, son imprescindibles para dejar los cuadros perfectamente acabados y ajustados a la función que han de cumplir.

Todos los cuadros dispondrán de una placa del Instalador Autorizado con su número, en donde figure la fecha de su fabricación, intensidad máxima, poder de corte admisible en kA y tensión de servicio.

## 4. CABLES ELÉCTRICOS DE BAJA TENSIÓN

### 4.1. GENERALIDADES

Los cables que este apartado comprende, se refiere a aquellos destinados fundamentalmente al transporte de energía eléctrica para tensiones nominales de hasta 1.000 V. Todos ellos no propagadores del incendio y llama, baja emisión de humos, reducida toxicidad y cero halógenos. Podrán ser en cobre o en aluminio. Denominación (AS) en general y (AS+) para Servicios de Seguridad.

La naturaleza del conductor quedará determinada por Al cuando sea en aluminio, no teniendo designación alguna cuando sea en cobre.

Por su tensión nominal los cables serán 450/750 V con tensión de ensayo 2.500 V, o 0,6/1 kV con tensión de ensayo a 3.500 V, cumpliendo estos últimos con las especificaciones de la Norma UNE-HD603.

Los cables serán por lo general unipolares, salvo cuando se indique lo contrario en otros documentos del Proyecto. Se distinguirán por los colores normalizados: fases en Marrón, Negro y Gris; neutro en Azul, y cable de protección Amarillo-Verde. Una vez establecido el color para cada una de las fases, deberá mantenerse para todas las instalaciones eléctricas de la edificación. Cuando por cualquier causa los cables utilizados no dispongan de este código de colores, deberán ser señalizados en todas sus conexiones con el color que le corresponde. Todos los cables deberán ser dimensionados para:

- Admitir las cargas instaladas sin sobrecalentamientos, salvo para Transformadores y Grupos Electrónicos que será para sus potencias nominales.
- Resistir las solicitaciones térmicas frente a cortocircuitos, limitadas por los sistemas de protección diseñados y sin menoscabo de la selectividad en el disparo.

Que las caídas de tensión a plena carga, cuando se parte de un Centro de Transformación propio (ITC-BT-19), deben ser iguales o inferiores al 4,5% en alumbrado y del 6,5% en fuerza, consideradas desde las bornas de baja del transformador hasta el punto más

alejado de la instalación. Estas caídas hasta los Cuadros Secundarios de zona, deberán ser calculadas teniendo en cuenta las resistencias y reactancias de los conductores a 60°C y 50Hz.

Las intensidades admisibles por los cables se calcularán de conformidad con el R.E.B.T., ITC-BT-07 e ITC-BT-19. En ningún caso se instalarán secciones inferiores a las indicadas en Proyecto, ni a 1,5 mm<sup>2</sup>.

## 4.2. TIPO DE CABLES Y SU INSTALACIÓN

### 4.2.1. Cables 450/750 V (PVC) para instalación en tubos y canales

Serán para instalación bajo tubo o canales de protección y cumplirán con las Normas UNE 21.031, 20.427, 20.432-1-3, 21.172, 21.174 y 21.147, referentes a sus características constructivas, comportamiento ante el fuego y niveles de toxicidad.

Su utilización será para circuitos de distribución a puntos de luz, tomas de corriente hasta de 40 A y conductores de protección aislados. Todos ellos serán en cobre.

En los cuadros y cajas de registro metálicas, los conductores se introducirán a través de boquillas protectoras.

El número de cables a instalar por tubo en función de las secciones de los cables y el diámetro del tubo, serán las indicadas en el apartado "Generalidades" del capítulo Canalizaciones. Referente a las canales, se tendrán en cuenta los cálculos que para este caso tienen las especificaciones técnicas del fabricante.

Las conexiones entre conductores se realizarán siempre con regletas o bornas aisladas externamente, de tal forma que una vez conexionadas, no queden partes conductoras accesibles. Estas conexiones siempre se realizarán en cajas de registro o derivación; nunca en el interior de las canalizaciones (tubos o canales).

Los cables podrán ser rígidos (H07Z1-U (AS) y H07Z1-R (AS)) o flexibles (H07Z1-K (AS)). Cuando se utilicen cables flexibles, todas sus conexiones se realizarán con terminales a presión apropiados a la sección y tipo de conexión.

Las intensidades máximas admisibles serán las determinadas en la ITC-BT-19, tablas y Norma UNE-20.460-94/5-523.

De conformidad con la UNE 21.145, para la clase de aislamiento (160°C) de estos cables (duración del cortocircuito inferior a 5 segundos) la fórmula aplicable de calentamiento adiabático a un cable en cobre de este tipo de aislamiento será:  $I_{cc2xt} = 13225 \times S^2$ .

### 4.2.2. Cables RZ1-0,6/1 kV (AS) para instalación al aire

En este punto también se incluyen los cables con aislamiento en Etileno-Propileno (EPR), instalación al aire según ITC-BT-07 apartado 3.1.4 del R.E.B.T.

Serán para instalación en bandejas y cumplirán con las Normas UNE 21.123, 21.147, 21.432, 21.145, 21.174, 21.172, 20.432 e IEE 383-74 referentes a sus características constructivas, comportamiento ante el fuego, no propagación del incendio, total ausencia de halógenos, temperatura de servicio 90° C y de cortocircuitos de corta duración 250° C.

Su utilización será para interconexiones en Baja Tensión, entre CT y CGBT, entre GE y CGBT, entre CGBT y CSs. Podrán ser en cobre o aluminio, según se indique en Mediciones y Planos del Proyecto.



Su forma de instalación será la indicada en el apartado "Bandejas" del capítulo de Canalizaciones.

Los cables se instalarán de una sola tirada entre cuadros de interconexión, no admitiéndose empalmes ni derivaciones intermedias.

Cuando en un circuito se necesite utilizar más de un cable por polo, todos ellos serán de las mismas características, sección, naturaleza del conductor, trazado y longitud.

En sus extremos, y con el fin de que las conexiones queden sin tensiones mecánicas, los cables se fijarán a los bastidores de los cuadros mediante bridas de cremallera en Poliamida 6.6, estabilizada para intemperie, color negro, tensadas y cortadas con herramienta apropiada.

En los cambios de plano o dirección, el radio de curvatura del cable no deberá ser inferior a 10 veces el diámetro del mismo.

Las conexiones de los conductores se realizarán mediante terminales a presión apropiados a la sección, debiendo ser bimetálicos en los de aluminio.

Los terminales se acoplarán a los extremos de los cables de tal manera que no queden partes del conductor fuera del manguito de conexión, fijándose por prensado mediante compactado hexaédrico con máquina hidráulica. Todos los terminales se encintarán con el color correspondiente a su fase o neutro, cubriéndose todo el manguito de conexión más 30 mm del cable.

Las ranuras en cuadros, para acceso de cables, se protegerán con burletes de neopreno que impidan el contacto directo de los cables con los bordes.

Las intensidades máximas admisibles serán las determinadas en la ITC-BT-07, tablas 11 (aluminio) y 12 (cobre), así como factores de corrección según tablas 13, 14 y 15 del R.E.B.T.

De conformidad con la UNE 21.145 para la clase de aislamiento (250° C) de estos cables, (duración del cortocircuito inferior a 5 segundos), la fórmula aplicable de calentamiento adiabático será  $I_{cc2xt} = 20473 \times S^2$  para conductor de cobre, e  $I_{cc2xt} = 8927 \times S^2$  para el aluminio.

#### **4.2.3. Cables RV 0,6 / 1 kV (XLPE) para instalación enterrada**

En este punto también se incluyen los cables con aislamiento en Etileno-Propileno (EPR), instalación enterrada según ITC-BT-07 apartado 3.1.2 del R.E.B.T.

Serán para instalación directamente enterrada o en tubo. Cumplirá con las Normas UNE 21.123 y 20.432-1 referentes a sus características constructivas, comportamiento ante el fuego, temperatura de servicio 90° C y de cortocircuito de corta duración 250° C.

Los cables se enterrarán a una profundidad de mínima de 60 cm en general y de 80 cm bajo calzadas. Cuando vayan directamente enterrados, la zanja se abrirá a 85 cm de profundidad y 60 cm de ancho. Sobre el terreno firme del fondo, se colocará un lecho de arena de río (nunca de mar) o tierra vegetal tamizada de 15 cm de espesor, sobre el que se tenderán los cables. Sobre ellos se colocará una nueva capa del mismo material que la cama, con unos 20 cm de espesor. Posteriormente se rellenará la zanja con el material que se sacó para hacerla, teniendo presente la necesidad de colocar señalizaciones que denuncien la presencia de los cables en futuras excavaciones. Como señalizaciones se colocará una hilera de ladrillos macizos por encima de los cables a 25 cm, y por encima de los ladrillos una cinta o banda de polietileno de color amarillo en donde se advierte de la presencia inmediata de cables eléctricos. La cinta será según Norma UNE 48.103.



Cuando por una misma zanja se instalen más de un cable tetrapolar o terna de unipolares la distancia entre ellos debe ser de 8 cm.

En los cruces de calles y badenes se procederá a entubar los cables como medida de protección, no debiendo ser la longitud entubada más de 20 m. Si esta longitud fuera superior, deben aplicarse los factores de corrección correspondientes para cables entubados y calcular la carga máxima en amperios que los cables pueden admitir sin sobrecalentamiento en estas condiciones.

Las intensidades máximas admisibles serán las determinadas en la ITC-BT-07, tablas 4 (aluminio) y 5 (cobre), así como factores de corrección según tablas 6,7,8,9 y apartados 3.1.2 y 3.1.3 del R.E.B.T.

Cuando la instalación sea en tubo enterrado, la zanja y sistemas de señalización serán idénticos a los descritos anteriormente. En este caso los tubos se registrarán mediante arquetas de 150x150 cm separadas como máximo 30 m. Las arquetas, una vez pasados los cables, se llenarán con arena de río y se cerrarán con tapa enrasada con el pavimento. La intensidad admisible para cables en esta forma de instalación deberá ser calculada teniendo en cuenta un 0,7 por ir en tubos múltiples, más un 0,9 adicional (total  $0,7 \times 0,9 = 0,63$ ) para compensar el posible desequilibrio de la intensidad entre cables cuando se utilicen varios por fase. Siempre partiendo de que los cables vayan enterrados a 60 cm como mínimo de la superficie del terreno y que la relación entre el diámetro del tubo y el diámetro aparente de los cables agrupados sea igual o superior a 2.

Una variante a la instalación en tubo enterrado calificada como más aconsejable, la constituye el empleo de atarjeas con tapas registrables, en donde los cables clasificados en ternas se fijan a soportes formados por perfiles metálicos normalizados recibidos a las paredes, garantizando en ellas la ventilación por los extremos. En el tendido de cables mediante sistemas mecánicos de tracción y rodadura, se dispondrá de un dinamómetro y sistema calibrado de protección por ruptura, que interrumpa la tracción al superarse los esfuerzos máximos de  $5 \frac{Kg}{mm^2}$  de sección del conductor de cobre, o de 2,5 kg en el caso de aluminio. La velocidad de tendido no debe exceder de 5 m/min.

Para estos cables también rigen las prescripciones del apartado de Cables RZ1-0,6/1 kV. de este capítulo.

#### **4.2.4. Cables resistentes al fuego denominación (AS+) para instalación al aire.**

La característica particular es la de su comportamiento ante el fuego, debiendo cumplir el ensayo especificado en las Normas UNE 20.431 y UNE-EN 50.200. El resto de características serán las indicadas en el apartado de Cables RZ1-0,6/1kV de este capítulo.

Se utilizarán para los Servicios de Seguridad desde el Grupo Electrógeno hasta cada uno de los receptores utilizados.

## 5. CANALIZACIONES

### 5.1. GENERALIDADES

Se incluyen en este apartado todas las canalizaciones destinadas a alojar, proteger y canalizar conductores eléctricos. También se incluyen, al formar parte de ellas, las cajas y armarios prefabricados de paso y derivación, metálicos, de baquelita o materiales sintéticos aislantes, para tensiones nominales inferiores a 1000V. Las canalizaciones aceptadas para estos usos entrarán en la siguiente clasificación:

- Bandejas metálicas.
- Bandejas en material de PVC rígido, no propagadores de la llama.
- Canales protectores metálicos.
- Canales protectores en material PVC rígido, no propagadores de la llama.
- Tubos metálicos.
- Tubos en material PVC curvable en caliente, no propagadores de llama.
- Tubos en material PVC flexible no propagadores de la llama.
- Tubos especiales.

Las bandejas metálicas y de PVC pueden ser continuas o perforadas. Las metálicas, a su vez, de escalera o de varillas de sección circular. Todas ellas serán sin tapa para diferenciarlas de las canales, siendo su montaje sobre soportes fijados a paredes y techos.

Las canales metálicas pueden ser para montaje empotrado en suelo o mural adosadas a paredes y techos. También podrán ser instaladas sobre soportes fijados a paredes y techos a semejanza de las bandejas.

Las canales en PVC serán todas para montaje mural.

Antes del montaje en obra de las bandejas y canales, la Empresa Instaladora (EI) entregará a la Dirección Facultativa (DF) para su aprobación si procede, planos de planta donde se refleje exclusivamente el trazado a doble línea con dimensiones reales de bandeja y canales, las líneas que conducen por cada tramo, sus ascendentes en Montantes, así como detalles de soportes y fijaciones a paredes y techos disposición de los conductores en ellas con sus ataduras etc. En estos planos también irán representados todos los cuadros y tomas eléctricas, con su identificación correspondiente, entre los que bandejas y canales sirven de canalizaciones para los cables de líneas de interconexión entre ellos.

Los tubos rígidos, sean metálicos o de PVC, se utilizarán para instalaciones adosadas (fijadas a paredes y techos) que vayan vistas.

Los tubos de PVC flexible se utilizarán para instalaciones empotradas u ocultas por falsos techos.

Dentro de los tubos especiales, todos ellos para instalación vista, se incluyen los de acero flexible, acero flexible con recubrimiento de PVC, los flexibles en PVC con espiral de refuerzo interior en PVC rígido y flexibles en poliamida, por lo general destinados a instalaciones móviles para conexión a receptores.



En el montaje de los tubos se tendrá en cuenta la instrucción ITC-BT-21 del R.E.B.T., teniendo presente que, en cuanto al número de conductores a canalizar por tubo en función de la sección del conductor y el diámetro exterior del tubo se regirá por la siguiente tabla.

**Tabla 22. Número de conductores a canalizar por tubo en función de la sección y el diámetro**

Tubo Mm	Hilo rígido unipolar V-750							Conductor $mm^2$ Hilo rígido unipolar 0,6/1 kV				Hilo rígido tetrapolar 0,6/1 kV					
	1,5	2,5	4	6	10	16	25	6	10	16	25	2,5	4	6	10	16	25
16	4	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	6	5	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	7	6	5	3	2	-	-	3	2	-	-	1	-	-	-	-	-
32	-	4	6	5	4	3	2	4	3	2	-	-	1	1	-	-	-
40	-	-	7	6	5	4	3	5	4	3	2	-	1	1	1	1	-
50	-	-	-	-	7	6	4	7	6	5	4	2	1	1	1	1	1
63	-	-	-	-	-	7	6	-	7	6	5	3	2	2	1	1	-
75	-	-	-	-	-	-	7	-	-	7	6	3	3	2	2	2	-

Para casos planteados en obra y no solucionados en esta tabla, el diámetro de tubería necesario para un cable tetrapolar más un unipolar, o bien cinco unipolares rígidos, puede calcularse mediante la expresión  $\text{Diámetro Tubo} = 10 \times S^{1/2}$ , siendo S la sección comercial del conductor hasta  $95 \text{ mm}^2$  como máximo.

## 5.2. MATERIALES

### 5.2.1. Bandejas

Quedarán identificadas porque irán instaladas sin tapa y los conductores se canalizarán en una sola capa, considerando que una capa está formada por el diámetro de un cable tetrapolar o de cuatro unipolares de un mismo circuito trifásico agrupados.

En las bandejas los cables irán ordenados por circuitos y separados entre ellos una distancia igual al diámetro del cable tetrapolar o terna de unipolares que lo forman. Cuando el circuito exija más de un conductor unipolar por fase, se formarán tantas ternas como número de cables tengan por fase, quedando cada una de ellas separadas de las otras colindantes un diámetro de las mismas. Los cables así ordenados y sin cruces entre ellos, quedarán fijados a las bandejas mediante ataduras realizadas con bridas, ajustadas y cortadas con herramienta apropiada. Esta fijación se hará cada dos metros.

De no indicarse lo contrario en otros documentos del Proyecto, todas las bandejas, sean del tipo que fueren, serán perforadas para facilitar la refrigeración de los cables. Las bandejas metálicas serán galvanizadas en caliente (UNE 27- 501/88 y 37-508/88) en acero inoxidable o zincadas, disponiendo todos los soportes del mismo tratamiento, piezas, componentes, accesorios y tornillería necesarios y utilizados en su montaje. Cuando en la mecanización se deteriore el tratamiento, las zonas afectadas deberán someterse a un galvanizado en frío. No se admitirán soportes ni elementos de montaje distintos de los previstos para ello por el fabricante de la bandeja, salvo que la utilización de otros sea justificada con los cálculos que el caso requiera. La utilización de uno u otro soporte estará en función del paramento a que se

haya de amarrar y de las facilidades que deben proporcionar para echar los cables en ella sin deterioro sensible de su aislamiento funcional.

Las bandejas metálicas se suministrarán montadas con todos los soportes, uniones, curvas, derivaciones, etc, (normalmente no relacionados tácitamente en Mediciones) necesarios para su correcto montaje, llevando un cable desnudo en cobre de 16 mm<sup>2</sup> para la tierra en todo su recorrido.

El trazado en obra será en función de la geometría del edificio, siguiendo el recorrido de galerías de servicio, pasillos con falsos techos registrables o con acceso fácil a través de registros previstos a tal efecto. En los patinillos de ascendentes eléctricas, las bandejas se fijarán sobre perfiles distanciadores que las separen de la pared 40 mm como mínimo.

Para dimensionado de soportes, distancia entre ellos y sección de bandejas, se tendrá en cuenta el número, tipo, diámetro y peso de cables a llevar para adaptarse al cálculo facilitado por el fabricante, teniendo presente, además, el agrupamiento de cables indicado anteriormente. No se admitirán distancias entre soportes mayores de 1.500 mm. El espesor de la chapa de la bandeja será de 1,5 mm y las varillas tendrán un diámetro de 4,5-5 mm.

Para las bandejas metálicas, en el montaje, se establecerán cortes en su continuidad cada 15 metros que eviten la transmisión térmica. Esta interrupción no afectará a su conductor de puesta a tierra. En recorridos horizontales la separación entre uno y otro tramo será de 5 cm, y en recorridos verticales de 15 cm coincidiendo con los pasos de forjados. Asimismo se realizará este tipo de cortes en los pasos de uno a otro sector de incendios, siendo la separación entre tramos de 10 cm. La bandeja en todos los casos dispondrá de soportes en todos los extremos.

Cuando los soportes metálicos de las bandejas (también metálicas) estén en contacto con herrajes cuyas puestas a tierra tienen que ser independientes (Centro de Transformación y CGBT), se interrumpirá su continuidad con un corte de 15 cm entre los soportes conectados a una u otra puesta a tierra. En este caso también se interrumpirá el conductor de equipotencialidad de la bandeja.

Las bandejas de PVC rígido serán para temperaturas de servicio de -20°C a +60°C, clasificación M1 según UNE 23.727-90, no propagadoras de incendio según UNE 20.432-85 y no inflamables según UNE 53.315-86. Su rigidez dieléctrica será como mínimo de 240 kV/cm según UNE 21.316-74. Sus dimensiones, pesos y carga corresponderán con la siguiente tabla, siempre que los soportes no estén separados entre sí más de 1.500 mm y con flecha longitudinal inferior al 1 % a 40°C.

**Tabla 23. Dimensión, espesor, peso y carga de bandejas de PVC rígido**

Alto x ancho (mm)	Espesor (mm)	Peso (kg/m)	Carga (kg/m)
60 x 200	2,7	1,810	22,5
60 x 300	3,2	2,770	33,7
60 x 400	3,7	3,770	45,6
100 x 300	3,7	3,690	57,3
100 x 400	4,2	4,880	77,2
100 x 500	4,7	6,350	96,6
100 x 600	4,7	7,230	116,5



Para el trazado, suministro y montaje de estas bandejas regirán los mismos criterios establecidos anteriormente para las metálicas.

En galerías donde las bandejas con cables eléctricos compartan espacios con otras instalaciones, especialmente tuberías de agua, se instalarán siempre por encima de ellas permitiendo al propio tiempo el acceso a sus cables, bien para ser sustituidos, bien para ampliación de los mismos. En estas galerías con cables eléctricos, no está permitido el paso de tuberías de gas (ITC-BT-07 apartado 2.1.3.1).

### 5.2.2. Canales protectores

Quedarán identificadas por ser cerradas de sección rectangular debiendo cumplir con la ITC-T-21 y UNE-EN 50.085-1. Pueden ser de sección cerrada o con tapa. Por lo general las primeras serán metálicas para instalación empotrada en el suelo; las segundas serán en PVC o metálicas para montaje mural, pudiendo ser a su vez continuas o ventiladas.

Todas las canales dispondrán de hecho, o tendrán posibilidad, de tabiques divisores que permitan canalizar por ellas cables destinados a diferentes usos y tensiones de servicio.

No se admitirán como canales de PVC rígido, aquellas que disponiendo de sección rectangular y tapa, sus tabiques laterales dispongan de ranuras verticales para salidas de cables. Estas se identificarán como "canaletas" y su uso quedará restringido a cableados en cuadros eléctricos.

Las canales eléctricas para empotrar en suelo serán en chapa de acero de 1,5 mm de espesor galvanizados en caliente (UNE-27.501/88 y 37.508/88) y su resistencia mecánica, así como su montaje estarán condicionados al tipo y acabados de suelos. Las cajas de registro, derivación y tomas de corriente o salidas de cables, serán específicas para este tipo de instalación, siendo siempre en fundición de aluminio o chapa de hierro galvanizado de 1,5 mm de espesor. Estas canales serán de 200x35 mm con uno o varios tabiques separadores.

Las canales metálicas para superficie o montaje mural podrán ser de aluminio, en chapa de hierro pintada o en acero inoxidable, según se especifique en Mediciones. Dispondrán de elementos auxiliares en su interior para fijar y clasificar los cables. Dentro de estas canales cabe diferenciar a las destinadas a albergar tomas de corriente, dispositivos de intercomunicación y usos especiales (encimeras de laboratorio, cabeceros de cama, boxes, etc) que serán en aluminio pintado en color a elegir por la DF, fijados a pared con tapa frontal troquelable y dimensiones suficientes para instalar empotrados en ellas los mecanismos propios de uso a que se destinan.

Las canales de PVC rígido cumplirán las mismas normas indicadas para las bandejas, siendo sus dimensiones, espesores, pesos y cargas los reflejados en la siguiente tabla, para soportes no separados más de 1.500 mm y con una flecha longitudinal inferior al 1% a 40°C:

*Tabla 24. Dimensión, espesor, peso y carga de canales de PVC rígido*

Alto x ancho (mm)	Espesor (mm)	Peso (kg/m)	Carga (kg/m)
50 x 75	2,2	1,180	6,7
60 x 100	2,5	1,190	10,8
60 x 150	2,7	2,310	16,6
60 x 200	2,7	2,840	22,5
60 x 300	3,2	4,270	33,7
60 x 400	3,7	5,970	45,6

Para el trazado, suministro y montaje, además de lo indicado para bandejas, se tendrá presente el uso a que van destinadas, quedando condicionadas a ello su altura, fijación, soportes, acabado, color, etc. Su instalación será realizada conforme a la UNE-20.460-5-52 e instrucciones ITC-BT-19 e ITC-BT-20.

### 5.2.3. Tubos para instalaciones eléctricas

Quedan encuadrados para este uso, los siguientes tubos cuyas características se definen en cada caso, cumpliendo todos ellos con la ITC-BT-21 del R.E.B.T:

- Tubos en acero galvanizado con protección interior.
- Tubos en PVC rígidos.
- Tubos en PVC corrugados.
- Tubos en PVC corrugados reforzados.
- Tubos en PVC corrugados reforzados para canalización enterrada.

Los tubos de acero serán del tipo contruidos en fleje laminado en frío, recocido o caliente con bajo contenido de carbono, cumpliendo con las normas EN-60.423 y UNE-50.086-1 apartados 10.3, 12.1 y 14.2. El recubrimiento exterior será mediante galvanizado electrolítico en frío, y el interior mediante pintura anticorrosiva, salvo que en casos especiales se indiquen otros tipos de tratamiento en algún documento del Proyecto. Podrán ser para uniones roscadas o enchufables siendo sus diámetros y espesores de pared en mm en cada caso, los siguientes:

*Tabla 25. Diámetro y espesor de pared de tubos de acero de uniones roscadas.*

	TUBOS DE ACERO DE UNIONES ROSCADAS							
Ø referencia	-	16	20	25	32	40	50	63
Ø exterior/mm	-	16	20	25	32	40	50	63
Espesor pared/mm	-	1,25	1,25	1,35	1,35	1,55	1,52	2,00

*Tabla 26. Diámetro y espesor de pared de tubos de acero de uniones enchufables.*

	TUBOS DE ACERO DE UNIONES ENCHUFABLES							
Ø referencia	-	16	20	25	32	40	50	63
Ø exterior/mm	-	16	20	25	32	40	50	63
Espesor pared/mm	-	1,05	1,05	1,05	1,25	1,25	1,55	1,55

La utilización de uno u otro tipo de tubo quedará determinada en Mediciones del Proyecto.

No se utilizarán otros accesorios de acoplamiento que no sean los del propio fabricante. Las curvas hasta 50 mm podrán ser realizadas en obra mediante máquina curvadora en frío, nunca con otros medios que deterioren el tratamiento exterior e interior del tubo. Cuando el tubo sea roscado, las uniones realizadas en obra deberán ser protegidas con un tratamiento sustitutorio del original deteriorado por las nuevas roscas.

Los tubos de PVC rígido serán fabricados a partir de resinas de policloruro de polivinilo en alto grado de pureza y gran resistencia a la corrosión, cumpliendo con las normas EN-60.423, UNE-50086-1 y 50086-2-1, así como la UNE-20.432 (no propagador de la llama). Podrán ser para uniones roscadas o enchufables, curvables en caliente, siendo sus diámetros y espesores de pared en mm los siguientes:

*Tabla 27. Diámetro y espesor de pared de tubos de PVC rígido.*

	TUBOS DE PVC RÍGIDO							
Ø referencia	-	16	20	25	32	40	50	63
Ø exterior/mm	-	16	20	25	32	40	50	63
Espesor pared/mm	-	2,25	2,30	2,55	2,85	3,05	3,60	5,00

La utilización del tubo roscado o enchufable, quedará determinada en Mediciones del Proyecto.

Para la fijación de estos tubos así como para los de acero, se utilizarán en todos los casos abrazaderas adecuadas al diámetro del tubo, cadmiadas o zincadas para clavo o tornillo. La distancia entre abrazaderas no será superior a 500 mm. Además, deberán colocarse siempre abrazaderas de fijación en los siguientes puntos:

- A una distancia máxima de 250 mm de una caja o cuadro.
- Antes y después de una curva a 100 mm como máximo.
- Antes y después de una junta de dilatación a 250 mm como máximo.

Cuando el tubo sea del tipo enchufable, se hará coincidir la abrazadera con el manguito, utilizando para ello una abrazadera superior a la necesaria para el tubo.

Los tubos corrugados en PVC, serán para instalación empotrada únicamente. Como los anteriores, serán conforme a la UNE 20.432 (no propagadores de la llama), con dimensiones según UNE 50.086-2-3 y UNE-60.423, siendo su resistencia al impacto de un julio.

Los tubos corrugados reforzados en PVC, serán para instalación empotrada u oculta por falsos techos. Cumplirán con las mismas normas de los anteriores, siendo la resistencia al impacto de dos julios.

La fijación de los tubos corrugados por encima de falsos techos se realizará mediante bridas de cremallera en Poliamida 6.6 y taco especial, ajustadas y cortadas con herramienta apropiada. La distancia entre fijaciones sucesivas no será superior a 1000 mm.

El uso de uno u otro tubo para su montaje empotrado u oculto por falsos techos, quedará determinado en otro Documento del Proyecto.



Los tubos para canalizaciones eléctricas enterradas, destinadas a urbanizaciones, telefonías y alumbrado exterior, serán en PVC del tipo corrugado construido según UNE-50.086-2-4 con una resistencia a la compresión de 250 N. Siendo sus diámetros en mm los siguientes:

Tabla 28. Diámetro y espesor de pared de tubos de PVC corrugado.

	CANALIZACIONES ELÉCTRICAS ENTERRADAS						
Ø referencia	50	65	80	100	125	160	200
Ø exterior/mm	50	65,5	81	101	125	148	182
Espesor pared/mm	43,9	58	71,5	91	115	148	182

Los tubos especiales se utilizarán, por lo general, para la conexión de maquinaria en movimiento y dispondrán de conectores apropiados al tipo de tubo para su conexión a canales y cajas.

Para la instalación de tubos destinados a alojar conductores se tendrán en cuenta, además de las ITC-BT-19, ITC-BT-20 y la ITC-BT-21, la Norma UNE-20.460-5-523 y las siguientes prescripciones:

- Los tubos se cortarán para su acoplamiento entre sí o a cajas debiéndose repasar sus bordes para eliminar rebabas.
- Los tubos metálicos se unirán a los cuadros eléctricos y cajas de derivación o paso, mediante tuerca, contratuerca y berola.
- La separación entre cajas de registro no será superior a 8 m en los casos de tramos con no más de tres curvas, y de 12 m en tramos rectos.
- El replanteo de tubos para su instalación vista u oculta por falsos techos, se realizará con criterios de alineamiento respecto a los elementos de la construcción, siguiendo paralelismos y agrupándolos con fijaciones comunes en los casos de varios tubos con el mismo recorrido.
- En tuberías empotradas se evitarán las rozas horizontales de recorridos superiores a 1,5 m. Para estos casos la tubería deberá instalarse horizontalmente por encima de falsos techos (sin empotrar) enlazándose con las cajas de registro, que quedarán por debajo de los falsos techos, y desde ellas, en vertical y empotrado, se instalará el tubo.
- No se utilizarán como cajas de registro ni de paso, las destinadas a alojar mecanismos, salvo que las dimensiones de las mismas hayan sido escogidas especialmente para este fin.
- Las canalizaciones vistas quedarán rígidamente unidas a sus cajas mediante acoplamientos diseñados apropiadamente por el fabricante de los registros. La fijación de las cajas serán independientes de las de canalizaciones.
- El enlace entre tuberías empotradas y sus cajas de registro, derivación o mecanismo, deberá quedar enrasada la tubería con la cara interior de la caja y la unión ajustada para impedir que pase material de fijación a su interior.
- Los empalmes entre tramos de tuberías se realizarán mediante manguitos roscados o enchufables en las de acero, PVC rígido o PVC liso reforzado. En las de PVC

corrugado, se realizará utilizando un manguito de tubería de diámetro superior con una longitud de 20 cm atado mediante bridas de cremallera. En todos los casos los extremos de las dos tuberías, en su enlace, quedarán a tope.

- Los tubos serán en todo caso libres de halógenos.

#### **5.2.4. Cajas de registro, empalme y mecanismos**

Podrán ser de plástico, metálicas o de metal plastificado, de forma circular o rectangular, para tensión de servicio a 1.000 V. La utilización de unas u otras estará en función del tipo de instalación (vista o empotrada) y tubería utilizada.

Las dimensiones serán las adecuadas al número y diámetro de las tuberías a registrar, debiendo disponer para ellas de entradas o huellas de fácil ruptura. La profundidad mínima será de 30 mm.

Las cajas de mecanismos para empotrar, serán del tipo universal enlazables, cuadradas de 64x64 mm para fijación de mecanismos mediante tornillos.

Las cajas metálicas dispondrán de un tratamiento específico contra la corrosión.

Todas las cajas, excepto las de mecanismos, serán con tapa fijada siempre por tornillos protegidos contra la corrosión.

Cuando las cajas vayan empotradas, quedarán enrasadas con los paramentos una vez terminados, para lo cual se tendrá un especial cuidado en aquellos que su acabado sea alicatado.

Todas las tapas de los registros y cajas de conexión, deberán quedar accesibles y desmontables una vez finalizada la obra.

La situación de registros se realizará de conformidad con la DF, siempre con el fin de que queden accesibles y al propio tiempo lo más ocultos posibles.

## **6. INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS**

### **6.1. GENERALIDADES**

Las características de estas instalaciones cumplirán como regla general con lo indicado en la Norma UNE-20.460-3, y las ITC-BT-19, ITC-BT-20, ITC-BT-21, ITCBT-22, ITC-BT-23, ITC-BT-24, ITC-BT-27, ITC-BT-28, ITC-BT-29 e ITC-BT-30, siendo las intensidades máximas admisibles por los conductores empleados las indicadas en la Norma UNE-20.460-5-523 y su anexo Nacional. Asimismo, las caídas de tensión máximas admisibles serán del 3% para la instalación de alumbrado y del 5% para las de fuerza desde la Caja General de B.T. hasta el punto más alejado de la instalación para el caso de una acometida en Baja Tensión. Cuando las instalaciones se alimenten directamente en Alta Tensión mediante un Centro de Transformación propio, se considerará que las instalaciones interiores de Baja Tensión tiene su origen en las bornas de salida en B.T. de los transformadores, en cuyo caso las caídas de tensión máximas admisibles serán del 4.5% para alumbrado y del 6.5% para fuerza, partiendo de una tensión de 420 V entre fases (243 entre fase y neutro) como tensiones en B.T. de vacío de los transformadores.

Estas instalaciones, definidas en la ITC-BT-12 del R.E.B.T. como de "ENLACE", cuando partan de un Centro de Transformación propio constarán de los apartados que a continuación se describen.

## 6.2. LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN (LGA)

Enlazará las bornas de B.T. de los transformadores con los interruptores de protección en B.T. de los mismos, situados generalmente en el Cuadro General de Baja Tensión (CGBT). Su realización será conforme a lo indicado para ella en la Memoria Descriptiva de este proyecto. Su cálculo y diseño se realizará para transportar las potencias nominales de los transformadores y de los grupos electrógenos que como suministros normal y complementario han de alimentar al cuadro CGBT.

## 6.3. CUADRO GENERAL DE BAJA TENSIÓN (CGBT)

Está destinado a alojar los dispositivos de protección contra sobreintensidades, sobretensiones y cortocircuitos de las líneas de llegada procedentes de los transformadores de potencia y grupos electrógenos que lo alimentan, así como de los correspondientes a las líneas de salida alimentadoras de Cuadros Secundarios de zona (CSs), diseñados para las instalaciones interiores según el documento de planos de este proyecto, que contienen además protecciones contra contactos indirectos, selectivos con los dispuestos en las propias salidas a receptores de los citados CSs.

## 6.4. LÍNEAS DE DERIVACIÓN DE LA GENERAL (LDG) E INDIVIDUALES (LDI)

Las LGD y LDI enlazarán el cuadro CGBT con los CSs. Su cálculo y diseño se realizará conforme a las potencias instaladas y simultáneas relacionadas en otros documentos de este proyecto, cumpliendo con los criterios que para ellas han quedado definidas en el apartado de "Generalidades" correspondiente a CABLES ELÉCTRICOS DE BAJA TENSIÓN de este Pliego de Condiciones.

Cuando estas líneas discurren verticalmente, se alojarán en el interior de una canaladura o patinillo de obra de fábrica cuyas paredes deben ser RF-120, siendo de uso exclusivo para este fin y estableciéndose sellados cortafuegos que taponarán las ranuras de forjados cada tres plantas como mínimo. Las tapas o puertas que den acceso a las canaladuras o patinillos serán RF-60.

## 6.5. CUADROS SECUNDARIOS (CSs)

Los Cuadros Secundarios de zonas están destinados a alojar los sistemas de protección contra sobreintensidades, sobretensiones, cortocircuitos y contactos indirectos para todos los circuitos alimentadores de la instalación de utilización, como son puntos de luz, tomas de corriente usos varios e informáticos, tomas de corriente de usos específicos, etc., según se describe en el punto siguiente.

El diseño y características técnicas de cuadros CSs, cumplirán con lo indicado en el apartado CUADROS DE BAJA TENSIÓN de este Pliego de Condiciones.

## 6.6. INSTALACIONES DE DISTRIBUCIÓN

Este apartado comprende el montaje de canalizaciones, cajas de registro y derivación, conductores y mecanismos para la realización de puntos de luz y tomas de corriente a partir de los cuadros de protección, según detalle de planos de planta. Así como los receptores de otros Servicios (A.A. Cocina, etc.).

De no indicarse lo contrario en otros documentos del Proyecto, esta instalación utilizará únicamente conductores con aislamiento nominal 450/750 V protegidos bajo canalizaciones empotradas o fijadas a paredes y techos.





Cuando las canalizaciones vayan empotradas el tubo a utilizar podrá ser PVC corrugado de 32mm como máximo. En instalación oculta por falsos techos, el tubo será PVC corrugado reforzado fijado mediante bridas de cremallera en poliamida 6.6 con taco especial para esta fijación.

En instalaciones vistas, el tubo a utilizar será de acero o PVC rígido enchufable, curvable en caliente, fijado mediante abrazadera, taco y tornillo.

Todas las cajas de registro y derivación quedarán instaladas por debajo de los falsos techos, y enrasadas con el paramento terminado cuando sean empotrables.

En el replanteo de canalizaciones se procurará que las cajas de registro y derivación se sitúen en pasillos, agrupadas todas las pertenecientes a las diferentes instalaciones de la zona (alumbrado, fuerza, especiales, etc), registrándolas con una tapa común.

Los conductores en las cajas de registro y derivación, se conectionarán mediante bornas, quedando holgados, recogidos y ordenados sin que sean un obstáculo a la tapa de cierre.

Tanto para las distribuciones de alumbrado como para las de fuerza, se instalará tubo independiente para canalizar los conductores de protección (amarillo-verdes) que seguirá el mismo trazado y compartirá las cajas de registro de su propia instalación.

Desde la caja de derivación hasta el punto de luz o toma de corriente, el conductor de protección podrá compartir canalización con los conductores activos. Para esta forma de instalación, y en cumplimiento de la ITC-BT-18 apartado 3.4, la sección mínima del conductor de protección deberá ser  $2,5 \text{ mm}^2$ . Esta forma de instalación no será válida para canalizaciones en tubo de acero y canales metálicos en donde los conductores de protección deberán compartir tubo o canal con los activos de su circuito.

El paso de conductores a las canalizaciones y su posterior conectionado, se realizará con las canalizaciones ya fijadas, tapadas las rozas y recibidas perfectamente todas las cajas de registro, derivación y de mecanismos.

Las instalaciones de distribución cumplirán con las instrucciones ITC-BT-19, ITC-BT-20, ITC-BT-21, ITC-BT-27, ITC-BT-28, ITC-BT-29 e ITC-BT-30, en sus apartados correspondientes.

La situación de interruptores y tomas de corriente corresponderá con la reflejada en planos de planta, siendo la altura a la que deberán instalarse generalmente sobre el suelo acabado, de 100 cm para interruptores y de 25 cm para tomas de corriente.

Cuando el local por su utilización, disponga de muebles adosados a paredes con encimeras de trabajo, las tomas de corriente se instalarán a 120 cm del suelo terminado.

Se tendrá especial cuidado en la fijación y disposición de cajas de registro y mecanismos en locales con paredes acabadas en alicatados, a fin de que queden enrasadas con la plaqueta y perfectamente ajustadas en su contorno.

Las cajas de mecanismos a utilizar serán cuadradas del tipo universal, enlazables y con fijación para mecanismos con tornillo.

Los mecanismos de este apartado, cuando en planos se representen agrupados, su instalación será en cajas enlazadas, pudiendo formar o no conjunto con otras instalaciones (teléfonos, tomas informáticas, tomas TV, etc.).



Estas consideraciones generales no son aplicables a la distribución para Alumbrado Público cuya forma de instalación se trata de forma particular en este capítulo, debiendo cumplir con la ITC-BT-09.

Las instalaciones en cuartos de aseos con bañeras o platos de ducha, se realizarán conformes a la ITC-BT-27, no instalándose ningún elemento o mecanismo eléctrico en el volumen limitado por los planos horizontales suelo-techo y la superficie vertical engendrada por la línea que envuelve al plato de ducha o bañera a una distancia de 60 cm de los límites de ambos. Cuando el difusor de la ducha sea móvil y pueda desplazarse, esta distancia se ampliará hasta el valor de 150 cm en el radio de acción de dicho difusor, siempre y cuando no exista una barrera eléctricamente aislante fija que impida el desplazamiento del difusor fuera de la bañera o plato de ducha. Podrá instalarse un bloque de alimentación de afeitadoras especial e interruptores de tirador.

No se admitirá en ningún caso cables grapados directamente a paramentos, sea cual fuere su tensión nominal y su instalación vista u oculta. Para las distribuciones, los conductores siempre han de canalizarse en tubos o canales.

### 6.6.1. Distribución para alumbrado normal

Comprenderá el suministro, instalación y conexionado de canalizaciones, registros, conductores y mecanismos para todos los puntos de luz y tomas de corriente marcados en planos de planta.

En los puntos de luz relacionados en Mediciones, de no indicarse lo contrario, estarán incluidos implícitamente los circuitos de distribución que, partiendo del cuadro de protección de la zona, alimentan a los puntos de luz desde sus cajas de derivación.

En el caso de circuitos alimentadores a cuadros de protección en habitaciones, su medición figurará a parte de los puntos de luz.

En el replanteo de zonas alimentadas por un cuadro de protección, quedarán perfectamente identificadas y limitadas cada una de ellas en los planos de planta. La identificación de zona coincidirá con la del cuadro que la alimenta.

El número de circuitos de distribución así como las secciones de conductores y potencias instaladas que cada uno alimentará, se ajustarán a lo reflejado en esquemas de cuadros de protección. Las potencias serán las obtenidas de las lámparas de los aparatos de alumbrado previstos, teniendo en cuenta que para lámparas fluorescentes el cálculo se debe ajustar a la potencia de la lámpara multiplicada por 1,8. Cada circuito en el cuadro quedará identificado por un número encerrado en un círculo, representándose de igual forma y mismo número en plano de planta los locales que alimenta.

Las zonas que forman parte de las vías de evacuación o aquellas que por sí solas pueden considerarse como de pública concurrencia, deberán estar alimentadas por tres circuitos (como mínimo) procedentes de Dispositivos con disparo por corriente Diferencial Residual distintos, y también de fases distintas.

Cuando en un local con varios puntos de luz, el encendido de ellos se realice con distintos interruptores, estos encendidos deberán quedar representados en planos de planta mediante una letra minúscula que identifique el interruptor con los puntos de luz que acciona.

La caída de tensión en los circuitos de distribución deberá ser igual o inferior al 1,5 % de la tensión nominal, calculada para la potencia instalada.

Los interruptores de accionamiento local serán, como mínimo de 10 A y para tensión nominal de 250 V.

El número de lámparas fluorescentes accionadas por un solo interruptor de 10 A - 250 V no superará a ocho para lámparas de 36 W, cinco para 58 W y doce para 18 W cuando la compensación del factor de potencia esté realizada con condensador instalado en paralelo.

La sección de los conductores activos será de  $1,5 \text{ mm}^2$  para todos los casos, salvo que la necesidad de utilizar otra sección superior quede justificada. Aun así, siempre la protección de estos conductores se realizará con disyuntores de 10 A de intensidad nominal instalados en los cuadros del primer escalón de protección.

### **6.6.2. Distribución para Alumbrado de Emergencia**

Como Alumbrado de Emergencia se considerarán los de Seguridad (Evacuación, Ambiente y Zonas Alto Riesgo).

El alumbrado de Seguridad se realizará mediante aparatos autónomos automáticos con lámparas fluorescentes para el Alumbrado de Evacuación y fluorescentes para el de Ambiente. Los de evacuación irán instalados en el techo a ejes de pasillos siendo la separación entre ellos la necesaria para obtener una iluminación mayor o igual a 1 lux en el eje; en este cálculo no computarán los aparatos de emergencia necesarios para la señalización de caminos de evacuación, cuadros eléctricos y puestos de incendios. Su alimentación será desde los cuadros de protección del alumbrado normal, utilizando circuitos de uso exclusivo.

En las vías de evacuación se utilizarán luminarias de acción permanente y todos dispondrán de telemandos para su puesta en reposo y comprobación.

- Los aparatos autónomos y los de alumbrado normal de un mismo local, estarán alimentados, al menos, por un mismo Dispositivo de corriente Diferencial Residual (DDR).
- Cuando en un mismo local haya dos o más aparatos autónomos, estos deberán ser alimentados, al menos, con dos circuitos distintos.

### **6.6.3. Distribución para tomas de corriente**

Los circuitos destinados a estos usos serán independientes de los utilizados para los alumbrados y sus sistemas de protección en el cuadro de zona serán de destino exclusivo.

Las canalizaciones y cajas de registro o derivación, serán totalmente independientes del resto de las instalaciones, si bien cumplirán con todo lo indicado para las de alumbrado normal, incluso para los conductores de protección cuyo tubo, cuando sea en PVC, será distinto de los destinados a los conductores activos.

En los puntos de toma de corriente relacionados en Mediciones, de no indicarse lo contrario estarán incluidos implícitamente los circuitos de distribución que, partiendo del cuadro de protección de zona, alimentan a las tomas de corriente desde sus cajas de derivación.

El número de circuitos de distribución así como las secciones de conductores y potencias instaladas que cada uno alimenta, se ajustarán a lo reflejado en esquemas de cuadros de protección. Cada circuito en el cuadro quedará identificado por un número encerrado en un cuadrado, representándose de igual forma y mismo número en plano de planta las tomas eléctricas que alimenta.

La caída de tensión en los circuitos de distribución deberá ser inferior al 1,5 % de la tensión de servicio calculada para la potencia instalada.



Todas las tomas de corriente igual o superiores a 1.000 VA deberán ser alimentadas con un disyuntor de uso exclusivo.

Los mecanismos de las tomas de corriente monofásicas serán como mínimo de 16 A y para tensión nominal de 250 V. Las trifásicas serán como mínimo de 20 A para tensión nominal de 400 V. La sección mínima de los conductores activos será de  $2,5 \text{ mm}^2$ , no debiendo ser utilizados para tomas de 16 A secciones superiores, salvo que se justifique.

No se admitirá como caja de paso o derivación, la propia caja de una toma de corriente, salvo en el caso de que esta caja esté enlazada con la que de ella se alimenta.

## 7. REDES DE TIERRAS

### 7.1. GENERALIDADES

El objeto de la puesta a tierra de partes metálicas (no activas) accesibles y conductoras, es la de limitar su accidental puesta en tensión con respecto a tierra por fallo de los aislamientos. Con esta puesta a tierra, la tensión de defecto **Vd** generará una corriente **Id** de defecto que deberá hacer disparar los sistemas de protección cuando la **Vd** pueda llegar a ser peligrosa.

Esta medida de protección va encaminada a limitar la tensión de contacto **UL** a la que, a través de contactos indirectos, pudieran someterse las personas así como la máxima intensidad de contacto **Imc**. Los límites deberán ser inferiores a los básicos que citan las normas VDE: **UL < 65V e Imc < 50 mA**, lo que da como resistencia para el cuerpo humano entre mano (contacto accidental) y pie (contacto con el suelo) **Rm=65/0,05=1.300 Ω**.

El R.E.B.T. toma como límite **UL < 50V** (en vez de 65V) por tanto la intensidad de paso máxima por el cuerpo humano la deja limitada a **Imc =50/1.300=38,5 mA**.; valor inferior al tomado como básico por las VDE.

La red de puesta a tierra debe garantizar que la resistencia total del circuito eléctrico cerrado por las redes y las puestas a tierra y neutro, bajo la tensión de defecto **Vd**, de lugar a una corriente **Id** suficiente para hacer disparar a los dispositivos de protección diseñados en la instalación, en un tiempo igual o inferior a 0,05 segundos.

La protección de puesta a tierra deberá impedir la permanencia de una tensión de contacto **UL** superior a 50 V en una pieza conductiva no activa (masa), expuesta al contacto directo de las personas. Cuando el local sea conductor, la tensión de contacto deberá ser inferior a 24 V.

Para que la intensidad de defecto **Id** sea la mayor posible y pueda dar lugar al disparo de los sistemas de protección, la red de puesta a tierra no incluirá en serie las masas ni elementos metálicos resistivos distintos de los conductores en cobre destinados y proyectados para este fin. Siempre la conexión de las masas y los elementos metálicos a la red de puesta a tierra se efectuarán por derivaciones desde ésta.

La red de conductores a emplear serán en cobre, por lo general aislados para tensión nominal de 450/750 V con tensión de prueba de 2.500 V, como mínimo, color Amarillo-Verde. El cálculo de las secciones se realizará teniendo presente la máxima intensidad previsible de paso y el tiempo de respuesta de los interruptores de corte, para que sean capaces de soportar la sollicitación térmica sin deterioro de su aislamiento.

Estos conductores podrán compartir canalizaciones con los conductores activos a cuyos circuitos pertenecen, o podrán ir por canalizaciones independientes siempre que vayan



acompañándolas en el mismo trazado, compartiendo registros, y sus secciones con respecto a las de los conductores activos cumplan con la instrucción ITC-BT-18 apartado 3.4. del R.E.B.T., o bien correspondan con las necesarias en aplicación de la IEC 364 en el caso del sistema de distribución TN-S sin DDRs.

Las puestas a tierra, cumplirán con la ITC-BT-18, ITC-BT-24, ITC-BT-08 y normas UNE-21.022 y UNE-20.460-5-54 apartado 543.1.1. referente al cálculo de la sección de conductores utilizados a este fin.

## **7.2. REDES DE TIERRA INDEPENDIENTES**

Para que una red de tierra se considere independiente de otras, además de no tener ninguna interconexión conductora entre ellas, su toma de tierra no debe alcanzar, respecto de un punto de referencia con potencial cero, una tensión superior a 50 V cuando por cualquiera de las otras tomas circule su máxima corriente de tierra prevista en un defecto de aislamientos.

La unión entre las redes de puesta a tierra y el electrodo de puesta a tierra se realizará a través de un puente de comprobación alojado en caja aislante 5 kV y a partir de él hasta el electrodo en cable RV-0,6/1kV.

En un edificio con Centro de Transformación propio, deberán preverse las siguientes redes de tierra independientes y que a continuación se describen:

### **7.2.1. Red de Puesta a Tierra de Protección Alta Tensión**

Enlazará todas las envolventes metálicas de cabinas, herrajes, envolventes metálicas de cables de A.T., puestas a tierra de seccionadores de p.a.t., cubas y armazones de transformadores de potencia, punto común de los transformadores del equipo de medida en A.T. y mallazo de equipotencialidad instalado en el suelo del local del Centro de Transformación.

El mallazo será electrosoldado con redondo de 4 mm, formando una retícula de 30x30 cm que se instalará en todo el CT, cubriéndose posteriormente con una capa de hormigón de 10 cm de espesor como mínimo. El mallazo se pondrá a tierra utilizando dos o más puntos preferentemente opuestos.

En todos los casos, la puesta a tierra de las partes metálicas accesibles, se realizará como instalación vista, utilizando varilla de cobre rígida de 8 mm de  $\varnothing$  fijada por grapa especial a paredes, y mediante terminal adecuado en sus conexiones a elementos metálicos. Cuando estos elementos metálicos sean móviles (puertas abatibles) la conexión se realizará con trenza de cobre.

Esta red de puesta a tierra se realizará conforme a la instrucción MIE-RAT13 y su resistencia será igual o inferior a 10  $\Omega$ , estando separada del resto de puestas a tierra una distancia mínima de 15 metros.

### **7.2.2. Red de Puesta a Tierra de Servicio**

Dentro de esta red se incluyen otras redes que debiendo ser realizadas como independientes, quedarán enlazadas en puntos únicos y característicos de cada una de ellas, formando finalmente una única red de puesta a tierra. Estas redes independientes son:

1. Neutros de estrella en B.T. de transformadores de potencia. El número de ellas será el mismo que de transformadores de potencia.
2. Neutros de generadores de corriente alterna. Como las anteriores, serán tantas como generadores.



3. Autoválvulas, limitadores o descargadores para protección de líneas eléctricas contra sobretensiones de red o de origen atmosférico. Serán tantas como la disposición de los mismos en la instalación y su distanciamiento exijan.

Para la realización de todas ellas se tendrán presentes la instrucción MIE-RAT 13, ITC-BT-06, ITC-BT-07 e ITC-BT-08. Una vez realizadas, se preverá su interconexión de la siguiente forma:

- Los neutros de transformadores quedarán unidos entre sí en la barra general de neutros del CGBT, a través del disyuntor de B.T. de cada uno de ellos.
- La de los generadores de corriente alterna lo harán de igual forma, cuando les corresponda suplir al suministro normal y acoplarse al CGBT para dar el suministro complementario.
- La de autoválvulas, limitadores o descargadores se enlazarán entre sí, quedando unida a la barra de neutros del CGBT a través de un puente de comprobación propio.

La resistencia de puesta a tierra individual para cada red independiente, no será en ningún caso superior a  $8\Omega$ , y del conjunto de todas las susceptibles de funcionar normalmente acopladas de  $2\Omega$ .

### 7.2.3. Red de Puesta a Tierra de Protección Baja Tensión

Enlazará entre sí todas las partes metálicas de la instalación eléctrica de B.T., normalmente no sometidas a tensión que, accidentalmente por fallo en los aislamientos, pudieran entrar en tensión.

Una vez enlazadas mediante los conductores de protección, esta red se pondrá a tierra a través de las derivaciones de la línea principal (unificadas en la barra colectora de tierras del CGBT) y la propia línea principal que sirve de enlace entre la barra colectora y la toma de puesta a tierra intercalando el correspondiente puente de comprobación.

Asimismo y de conformidad con la Norma Tecnológica de la Construcción y la ITC-BT-26 apartado 3, se deberá enlazar esta red de Protección en Baja Tensión con la de Estructura, se deberá enlazar esta red de Protección en Baja Tensión con la de Estructura, quedando unificadas así las masas de las siguientes instalaciones:

- Masas de la instalación de Baja Tensión.
- Instalaciones metálicas de fontanería, gas, calefacción, etc.
- Depósitos y calderas metálicas.
- Guías metálicas de los aparatos elevadores.
- Todas las masas metálicas significativas del edificio.
- Red de puesta a tierra de masas correspondientes a equipos de Comunicaciones (antenas de TV, FM, telefonía, redes LAN, etc.) previa puesta a tierra de las mismas.
- Red de puesta a tierra de pararrayos de protección contra descargas eléctricas de origen atmosférico, previa puesta a tierra de los mismos.



Esta red de puesta a tierra se realizará conforme a las instrucciones ITC-BT-18, ITC-BT-8 y el valor de la resistencia de puesta a tierra para el conjunto no superará los  $2\Omega$ .

Con las interconexiones descritas, las redes de puesta a tierra quedarán reducidas a:

- Red de protección Alta Tensión.
- Red de protección de Servicio.
- Red unificada de protección BT/Estructura.

La unificación de la red de Protección de BT-Estructura con la de Servicios, se realizará en función de la necesidad de mantener un régimen de neutro en esquema TT o en TN-S. Esta unificación, de hacerse, deberá ser hecha en el CGBT, uniendo entre sí la pletina de neutros y la colectora de tierras de Protección en BT.

Para la realización de los electrodos de puesta a tierra, se utilizarán las configuraciones tipo con sus parámetros característicos definido en el tratado "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para Centros de Transformación" conectados a redes de Tercera Categoría", editado por UNESA.

Asimismo y con el fin de analizar el tipo de electrodo necesario en cada caso, así como distribuirlos adecuadamente manteniendo las distancias para considerarlas como tomas de tierras independientes, al comienzo de las obras el instalador estará obligado a realizar las medidas pertinentes de las resistividades de los terrenos disponibles.



# ANEXOS





## ÍNDICE

1. TRANSFORMADORES .....	136
2. CELDAS COMPACTAS RM6.....	139
3. CELDAS MODULARES SM6.....	140
4. LUMINARIAS .....	142

## 1. TRANSFORMADORES

Transformadores en baño de aceite gama integral hasta 24 kV



*Figura 16. Transformador en baño de aceite de 1000 kVA (Fuente: Schneider Electric)*

### Equipo básico

- Conmutador de 5 posiciones para regulación, enclave y situado en la tapa (maniobrable con el transformador sin tensión); este conmutador actúa sobre la tensión más elevada para adaptar el transformador al valor real de la tensión de alimentación.
- 3 bornes MT según norma UNE-EN 50180.
- 4 bornes BT según norma UNE-EN 50386.
- 2 cáncamos de elevación y desencubado.
- Placa de características.
- Orificio de llenado con rosca exterior M40 x 1,5 , provisto de tapa roscada.
- Dispositivo de vaciado y toma de muestras en la parte inferior de la cuba.
- 4 ruedas bidireccionales orientables a 90°, atornilladas sobre dos perfiles en el fondo de la cuba, para transformadores de potencia superior o igual a 50 kVA.
- 2 tomas de puesta a tierra, situadas en la parte inferior, con tornillo M10, resistente a la corrosión.
- Una funda para alojar un termómetro.

### Circuito magnético

El circuito magnético se realiza con chapa de acero al silicio de grano orientado aislado mediante óxidos minerales.



La protección superficial se realiza por un revestimiento de poliéster, aplicado después de un tratamiento superficial adecuado de la chapa reforzando la adherencia y asegurando una protección anticorrosiva óptima.

### **Bobinado de baja tensión**

El bobinado de baja tensión hasta 160 kV inclusive, formados por una sola bobina construida en hélice, con conductor de sección rectangular aislado en papel.

El montaje se realizará según las buenas prácticas.

### **Bobinado de media tensión**

El bobinado de media tensión se realiza directamente sobre el arrollamiento de BT.

El bobinado es de tipo continuo por capas, intercalando aislante y canales de refrigeración.

### **Protección**

La seguridad del transformador está garantizada con un relé que integra las siguientes funciones de protección:

- Detección de emisión de gases del líquido dieléctrico, debida a la descomposición provocada por el calor o arco eléctrico que pudiera producirse en el interior de la cuba.
- Detección de un descenso accidental del nivel del dieléctrico (disparo).
- Detección de un aumento excesivo de la presión que se ejerce sobre la cuba (disparo).
- Lectura de la temperatura del líquido dieléctrico (contactos de alarma y disparo regulables).
- Visualización de líquido por medio de un pequeño flotador.

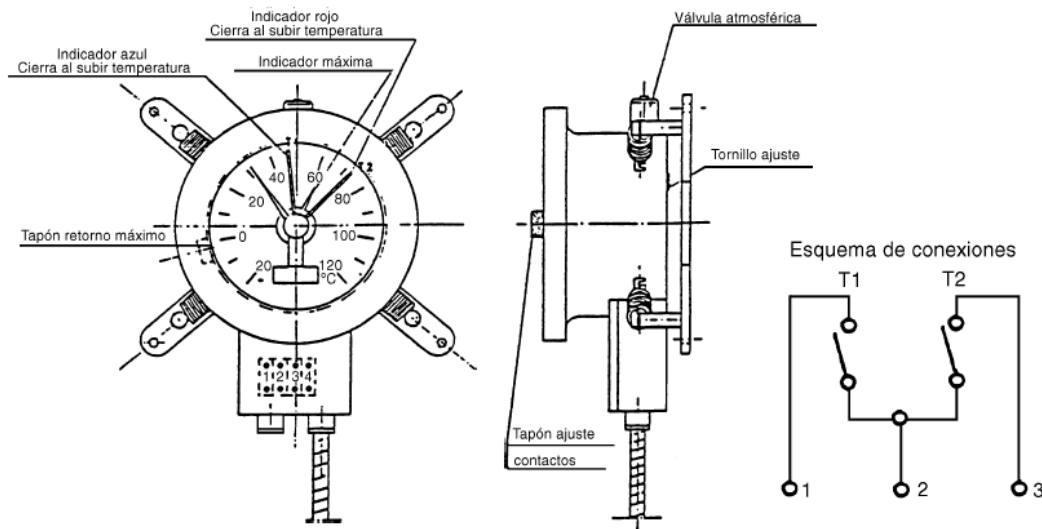
En la parte superior se dispone de un tapón de llenado y otro para la toma de muestras.

### **TERMÓMETRO DE ESFERA**

El termómetro de esfera es un medio de control de la temperatura del aceite en su franja más caliente, es decir, en la superficie interior de la tapa del transformador permitiendo, al mismo tiempo, conocer su estado de carga.

La incorporación de un circuito de alarma (aguja azul) y un circuito de disparo (aguja roja) facilitan el control de la temperatura del aceite cuando llega a alcanzar valores peligrosos.

Es preciso utilizar relés auxiliares en los circuitos de alarma y disparo del termómetro, debido a que las capacidades de corte de sus contactos son pequeñas.



**Figura 17. Esquema Termómetro (Fuente: Schneider Electric)**

Las tres agujas de que consta el termómetro determinan:

- Aguja negra: indicadora constante de la temperatura del aceite aislante en la capa superior del transformador (cable marrón).
- Aguja azul: contacto normalmente abierto de alarma (cable azul).
- Aguja roja: contacto normalmente abierto de disparo (cable amarillo).

El termómetro va montado de forma que la esfera esté en posición vertical, adaptando su bulbo a rosca sobre el racor de la funda situada sobre la tapa del transformador. Dicho bulbo es un detector sensible a las variaciones de temperatura.

El ajuste de la aguja roja determina el límite de temperatura que debe alcanzar el aceite del transformador estando ésta condicionada a la temperatura ambiente del local que, a su vez, no sobrepasará los límites establecidos por la norma UNE-EN 60076-2.



**Figura 18. Termómetro (Fuente: Schneider Electric)**



## 2. CELDAS COMPACTAS RM6

### Descripción de la celda RM6

RM6 es una celda de reducidas dimensiones compuesta de 1 a 6 unidades funcionales integradas.

Este conjunto monobloque con aislamiento integral incluye:

- Una envolvente metálica de acero inoxidable, estanca y sellada de por vida, que contiene las partes activas, el interruptor seccionador, el seccionador de tierra, el interruptor combinado con fusibles o el interruptor automático.
- De uno a cuatro compartimentos para cables con pasatapas de conexión.
- Un compartimento de baja tensión.
- Un compartimento de mando.
- Un compartimento de fusibles para la función Q (interruptor combinado con fusibles).
- La celda compacta RM6 responde a la definición de "sistema a presión sellado", conforme con la recomendación CEI.
- El interruptor seccionador y el seccionador de tierra ofrecen todas las garantías de maniobra para el usuario:

### Estanqueidad.

La envolvente está llena de SF<sub>6</sub> a una presión relativa de 0,2 bares y queda sellada de por vida después del llenado. Su estanqueidad se verifica sistemáticamente en fábrica y otorga al aparato una esperanza de vida útil de 30 años. Por lo tanto, la celda RM6 no requiere ningún mantenimiento de las partes activas.

### Corte del interruptor seccionador.

La extinción del arco eléctrico se obtiene aplicando la técnica de autosoplado de SF<sub>6</sub>.

### Interruptor automático.

La extinción del arco eléctrico se obtiene aplicando la técnica del arco giratorio, acompañada de autoexpansión de SF<sub>6</sub>, lo que provoca el corte de cualquier intensidad hasta la intensidad de cortocircuito.



*Figura 19. Conjunto de 3 celdas RM6 (Fuente: Catálogo Schneider)*

### 3. CELDAS MODULARES SM6

#### Descripción de las celdas SM6

La gama SM6-24 está compuesta por celdas modulares equipadas con aparataje fija, bajo envoltorio metálica, que utiliza el hexafluoruro de azufre (SF6) como aislante y agente de corte en los aparatos siguientes:

- Interruptor-seccionador.
- Interruptor-automático Fluarc SF1.
- Seccionador.
- Seccionador de puesta a tierra.
- Contactor ROLLARC.

La gama SM6-24 responde, en su concepción y fabricación, a la definición de aparataje bajo envoltorio metálica compartimentada, de acuerdo con la norma UNE-EN 60298.

Las celdas SM6-24 permiten realizar la parte MT de los centros de transformación MT/BT de distribución pública y privada hasta 24 kV.

Las celdas SM6-24 están concebidas para instalaciones de interior (IP2XC según norma UNE 20324 o CEI 60529), beneficiándose de unas dimensiones reducidas:

- Anchuras de 375 mm (celdas de interruptor) a 750 mm (celdas de interruptor automático).

- Altura de 1600 mm.
- Profundidad a cota cero de 840 mm.

Lo que permite su ubicación en un local de dimensiones reducidas o en el interior de un edificio prefabricado de hormigón.

El grado de protección, según UNE 20324 o CEI 60529, de la envolvente externa, así como para los tabiques laterales de separación de celdas en la parte destinada a la colocación de los terminales de cables y fusibles, es IP3X.

Para el resto de compartimentos es IP2X.

En lo referente a daños mecánicos, el grado de protección es "7" (UNE 20324 o CEI 60529). Los cables se conectan desde la parte frontal de las celdas.

La explotación está simplificada por la reagrupación de todos los mandos sobre un mismo compartimento frontal.

Las celdas pueden equiparse con numerosos accesorios (bobinas, motorización, contactos auxiliares, transformadores de medida y protección, etc.).

### Relés de protección

VIP (protección autónoma, sin fuente de alimentación auxiliar, integrada en el interruptor automático conforme con las normas CEI 60255)

Con 2 tipos de captadores CR se abarca toda la gama de intensidades desde 10A a 630A.

Protecciones de fase y/u homopolar a tiempo dependiente y tiempo definido:

- VIP300P: protección de fase (50/51).
- VIP300LL: protección de fase (50/51) y homopolar (50N/51N).



***Figura 20. Celda de Interruptor-Seccionador (Fuente: Catálogo Schneider)***



*Figura 21. Celda de Interruptor automático (Fuente: Catálogo Schneider)*

#### 4. LUMINARIAS

### PHILIPS SmartForm TBS464



*Figura 22. Luminaria SmartForm TBS 464 (Fuente: Catálogo Philips)*





## Información

**Tabla 29. Información general luminaria PHILIPS SmartForm TBS464**

Información general	
Código de familia de producto	TBS464 [TBS464]
Número de lámparas	4 [4 pcs]
Tipo de la lámpara	TL5 [TL5]
Potencia de lámpara	14 W [14 W]
Color de luz	840 [Blanco frío 840]
Kombi	K [Lámpara incluida]
Equipo	HFP [HF Actuador]
Reflector superior	No
Sistema óptico	C8 [Óptica alto brillo con microlamas 3D]
Elemento óptico	No
Cubierta óptico	No
Alumbrado de emergencia	No
Control de iluminación	No
Conmutación independiente	No
Cableado interno	STD [Standard]
Fusible	No
Conexión	W [Enchufe conector 3 polos]
Cable	No
Clase de seguridad	CLI [Seguridad clase I]
Código IP	IP20 [Protegido contra los dedos]
Código IK	IK07 [2 J Reforzado]
Ventilación	No
Placa de relleno	IPC-GN [Customized green inlay]
Color	WH [Blanco]
Test del hilo incandescente	850/5 [850 °C, duración 5 s]
Protección contra inflamación	F [Adecuada para el montaje en superficies normalmente inflamables]
Dispositivo de seguridad	No
Marcado CE	Marcado CE [CE mark]
Marcado ENEC	Marcado ENEC [ENEC mark]

### Datos Eléctricos

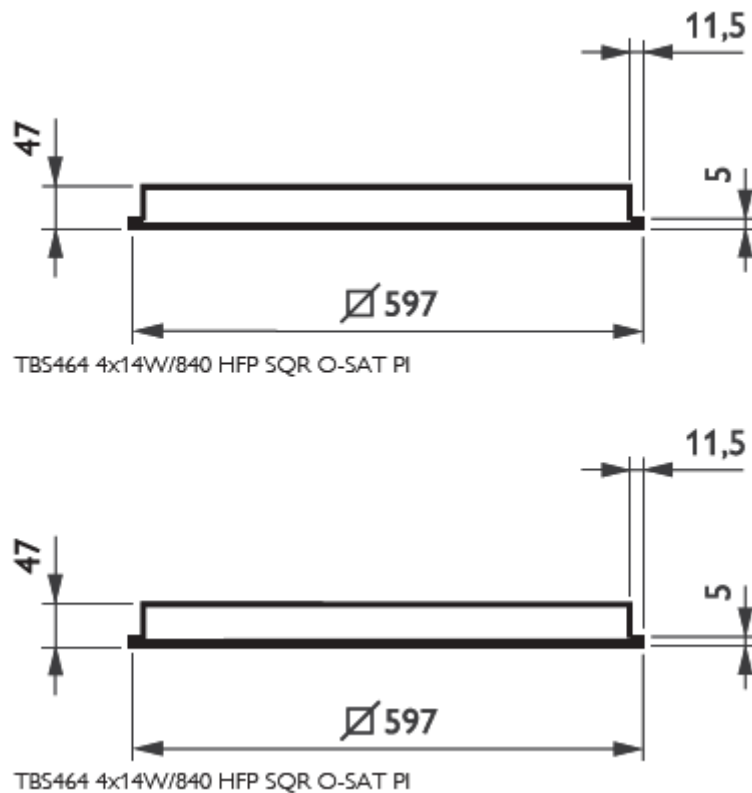
Tensión de red	220-240 V [220 to 240 V]
----------------	--------------------------

### Mecánico

System configuration	SQR [Square housing]
----------------------	----------------------

Datos Producto	
Código de pedido	980345 00
Código de producto	8,71794E+14
Nombre de Producto	TBS464 4x14W/840 HFP SQR C8 W IPC-GN
Nombre de pedido del producto	TBS464 4x14W/840 HFP SQR C8 W IPC-GN
Piezas por caja	0
Cajas por caja exterior	1
Código de barras de la caja exterior	8,71794E+12
Código logístico - 12NC	9,10502E+11
Peso neto por pieza	5.600 kg

### Plano de dimensiones



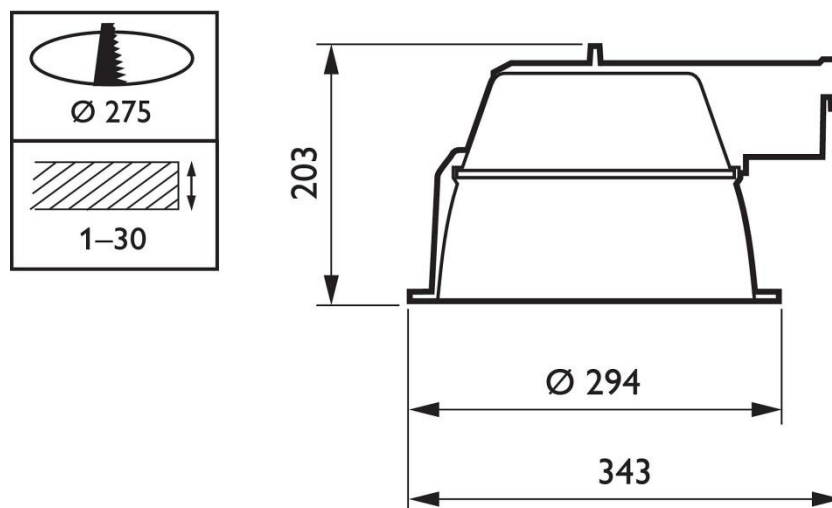
**Figura 23. Dimensiones Luminaria SmartForm TBS 464 (Fuente: Catálogo Philips)**

## PHILIPS FBS280 2xPL-T/4P 57W/840 HFR C PI WH



*Figura 24. Luminaria FBS280 (Fuente: Catálogo Philips)*

### Plano de dimensiones



*Figura 25. Dimensiones luminaria FBS280 (Fuente: Catálogo Philips)*

## Información

**Tabla 30. Información general PHILIPS FBS280**

Información general	
Código de familia de producto	FBS280 [FBS280]
Número de lámparas	2 [2 pcs]
Tipo de la lámpara	PL-T/4P [MASTER PL-T 4 Pins]
Potencia de lámpara	57 W [57 W]
Color de luz	830 [Blanco calido 830]
Tapa-base	GX24q-5 [GX24q-5]
Kombi	K [Lámpara incluida]
Compensación	No
Equipo	HFP [HF Actuador]
Transformador	No
Sistema óptico	C [Óptica de alto brillo]
Cubierta óptico	No
Alumbrado de emergencia	No
Cableado interno	STD [Standard]
Fusible	No
Conexión	PI [Conector push-in]
Cable	No
Clase de seguridad	CLI [Seguridad clase I]
Código IP	IP20 [Protegido contra los dedos]
Color	WH [Blanco]
Film de protección	No
Protección contra inflamación	F [Adecuada para el montaje en superficies normalmente inflamables]
Accesorios (valor múltiple)	No
Marcado CE	Marcado CE [CE mark]
Marcado ENEC	Marcado ENEC [ENEC mark]

Datos Técnicos	
Accesorios ópticos	No
Filtros y lentes	No
Accesorios apantallamiento	No

Datos Eléctricos	
Tensión de red	220-240 V [220 to 240 V]
Frecuencia de línea	50-60 Hz [50 to 60 Hz]

Mecánico	
Accesorios montaje en techo	No
Accesorios decorativos	No

Datos Producto	
Código de pedido	712154 00
Código de producto	8,71156E+14
Nombre de Producto	FBS280 2xPL-T/4P57W/830 HFP C PI WH
Nombre de pedido del producto	FBS280 2xPL-T/4P57W/830 HFP C PI WH
Piezas por caja	0
Cajas por caja exterior	1
Código de barras de la caja exterior	8,71156E+12
Código logístico - 12NC	9,10502E+11
Peso neto por pieza	2.220 kg

### Fotometrias



FBS280 2xPL-T/4P57W HFP C

2 x 4300 lm

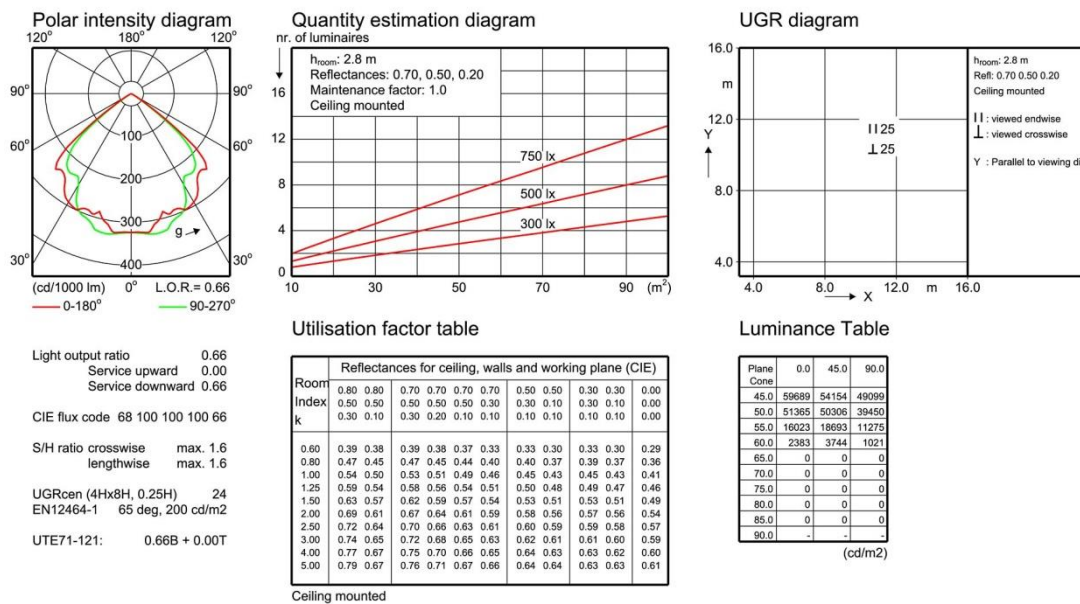
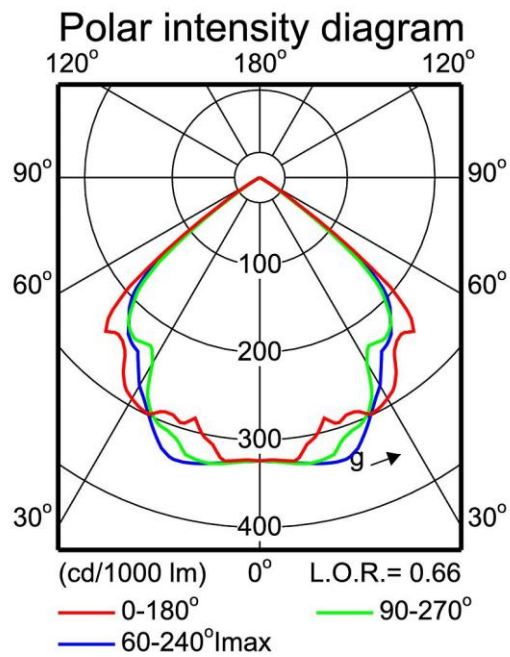


Figura 26. Diagrama fotométrías Philips FBS280 57w (Fuente: Catálogo Philips)



FBS280 2xPL-T/4P57W HFP C

2 x 4300 lm



LVN8905300

2012-10-08

*Figura 27. Diagrama emisión de luz Philips FBS280 57w (Fuente: Catálogo Philips)*



# **BIBLIOGRAFÍA**



## **BIBLIOGRAFÍA**

- R.E.B.T. Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Agosto, 2.002.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA
- C.T.E. Código Técnico de la Edificación. Marzo, 2.006.
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Noviembre, 1.982.

Han sido consultados algunos manuales y guías técnicas como:

- Instalaciones en Baja Tensión. Manual teórico-práctico. Grupo Schneider Electric.
- Documentación Técnica aparellaje Baja Tensión. Grupo Schneider Electric.
- Documentación Técnica aparellaje Media Tensión. Grupo Schneider Electric.
- Guía del instalador. Grupo GE.
- Guía de Soluciones de Eficiencia Energética. Schneider Electric.
- Catálogo Luminarias. Philips.
- Catálogo Luminarias de Emergencia. Daisalux.

Han sido utilizados algunos programas informáticos como:

- Autocad 2013.
- Indalwin 6.2.
- Menfis 8.0.
- Hoja de cálculo de conductores diseñada en Excel.





# **PRESUPUESTOS**



	PRESUPUESTO INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN CENTRO DOCENTE PARA ADULTOS	Pág.: 2
	MEDICIONES Y PRESUPUESTO	Ref.: promyp2
	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	Fec.:

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
<b>02</b>	<b>CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>								
02.01 2.1	<b>EDIFICIO PREFABRICADO EHC-4</b> Los edificios prefabricados de hormigón de la serie EHC han sido concebidos para ser montados enteramente en fábrica, permitiendo la instalación de toda la aparamenta y accesorios que completan el centro; lo que permite garantizar la calidad de todo el conjunto (a excepción de la conexión de los cables de entrada y salida) en la misma unidad de producción.  DIMENSIONES: Longitud: Total 4.830 mm interior 4.710 mm Anchura: Total 2.500 mm interior 2.240 mm Altura: Total 3.300 mm interior 2.535 mm Superficie: Ocup 12,08 m2 interior 10,55 m2 Peso aproximado: 17 Tn EQUIPO BASE: - Puerta peatonal frontal con cerradura.								
	Total partida 02.01 .....						1,00	3.858,45	3.858,45
02.02 2.2	<b>CELDA DE REMONTE</b> Celda Schneider de remonte de cables gama SM6, modelo GAME, de dimensiones:  - Anchura: 375 mm. - Profundidad: 870 mm. - Altura: 1.600 mm.  y conteniendo:  - Juego de barras interior tripolar de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.  - Remonte de barras de 400 A para conexión superior con otra celda.  - Preparada para conexión inferior con cable seco unipolar.  - Embarrado de puesta a tierra.								
	Total partida 02.02 .....						1,00	991,78	991,78
02.03 2.3	<b>CELDA DE PROTECCIÓN CON RUPTOFUSIBLES</b> Celda Schneider de protección general con interruptor y fusibles combinados gama SM6, modelo QM,, de dimensiones:  - Anchura: 375 mm. - Profundidad: 940 mm. - Altura: 1.600 mm.  y conteniendo:  - Juego de barras tripolar de 400 A, para conexión superior con celdas Adyacentes.  - Interruptor-seccionador en SF6 de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA., equipado con bobina de apertura a emisión de tensión a 220V 50Hz.  - Mando CI1 manual de acumulación de energía.  - Tres cortacircuitos fusibles de alto poder de ruptura con baja disipación térmica tipo MESA CF (DIN 43625), de 24kV, y calibre 63 A.  - Señalización mecánica de fusión fusibles.  - Indicadores de presencia de tensión con lámparas.  - Embarrado de puesta a tierra.  - Seccionador de puesta a tierra de doble brazo (aguas arriba y aguas abajo de los fusibles).  - Enclavamiento por cerradura tipo C4 impidiendo el cierre del seccionador de puesta a tierra y el acceso a los fusibles en tanto que el disyuntor general B.T. no esté abierto y enclavado. Dicho enclavamiento impedirá además el acceso al transformador si el seccionador de puesta a tierra de la celda QM no se ha cerrado previamente.								
	Total partida 02.03 .....						1,00	7.173,60	7.173,60

	PRESUPUESTO INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN CENTRO DOCENTE PARA ADULTOS	Pág.: 3
	MEDICIONES Y PRESUPUESTO	Ref.: promyp2
	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	Fec.:

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
02.04 2.4	<p><b>CELDA DE MEDIDA</b></p> <p>Celda Schneider Electric de medida de tensión e intensidad con entrada y salida inferior por cable gama SM6, modelo GBC2C, de dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Anchura: 750 mm.</li> <li>- Profundidad: 1.038 mm.</li> <li>- Altura: 1.600 mm.</li> </ul> <p>y conteniendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Juegos de barras tripolar de 400 A, 24 kV y 16 kA.</li> <li>- Entrada y salida por cable seco.</li> <li>- Transformadores de intensidad de relación 50-100/5A, 10VA CL. 0,5 S, lth=80ln y aislamiento 24 Kv según compañía.</li> <li>- Transformadores de tensión según compañía, bipolares, modelo de alta seguridad de relación 22.000:??3/110:- ?3-110:3, 25VA, CL 0,2, 3P, potencias no simultáneas, contrato mínimo de 374 y máximo de 1.993 kW, Ft= 1.9 Un y aislamiento 24 kV. El segundo secundario tendrá las características adecuadas para conectar una resistencia de contra ferresonancia (50 ohm/200W).</li> </ul>								
	Total partida 02.04 .....						1,00	2.751,25	2.751,25
02.05 2.5	<p><b>TRANSFORMADOR</b></p> <p>El transformador a instalar tendrá el neutro accesible en baja tensión y refrigeración natural (AN), modelo TRANSFORMADORES EN ACEITE de Schneider Electric, con el método llenado integral.</p> <p>El transformador tendrá los bobinados de AT de tipo continuo por capas, intercalando aislante y canales de refrigeración.</p> <p>Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la Norma UNE 21428, siendo las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Potencia nominal: 100 kVA</li> <li>- Tensión nominal primaria: 15.000 V</li> <li>- Regulación en el primario: +/-2,5%, +/-5%</li> <li>- Tensión nominal secundaria en vacío: 420 V</li> <li>- Tensión de cortocircuito: 4 %</li> <li>- Grupo de conexión: Dyn11</li> </ul> <p>(*)Tensiones según:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- UNE 21301:1991 (CEI 38:1983 modificada) (HD 472:1989)</li> <li>- UNE 21538 (96) (HD 538.1 S1)</li> </ul>								
	Total partida 02.05 .....						1,00	12.568,35	12.568,35
02.06 2.6	<p><b>Ud CABLEADO DE CONEXIÓN</b></p> <p>Juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco RHZ1, aislamiento 12/20 kV, de 95 mm2 en Al con sus correspondientes elementos de conexión para interconexión entre el centro de seccionamiento y el centro de transformación.</p>								
	Total partida 02.06 .....						1,00	552,95	552,95
02.07 2.7	<p><b>Ud CABLEADO DE CONEXIÓN</b></p> <p>Juego de puentes III de cables BT unipolares de aislamiento seco tipo RV, aislamiento 0,6/1 kV, de 3 x 35 mm2 Cu para las fases y de 1 x 25 mm2 Cu para el neutro.</p>								
	Total partida 02.07 .....						1,00	326,55	326,55
02.08 2.8	<p><b>ELEMENTOS DE SEGURIDAD</b></p> <p>Elementos de seguridad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- banqueta aislante,</li> <li>- cartel primeros auxilios,</li> <li>- cartel de las cinco reglas de oro.</li> <li>- bandeja portadocumentos.</li> </ul>								
	Total partida 02.08 .....						1,00	73,08	73,08

	PRESUPUESTO INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN CENTRO DOCENTE PARA ADULTOS	Pág.: 4
	MEDICIONES Y PRESUPUESTO	Ref.: promyp2
	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	Fec.:

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
02.09 2.9	<b>EXTINTOR DE EFICACIA 89B</b> Extintor de eficacia 89B								
	<b>Total partida 02.09</b>						1,00	82,10	82,10
02.10 2.10	<b>GUANTES AISLANTES</b> Guantes aislantes.								
	<b>Total partida 02.10</b>						1,00	47,82	47,82
<b>02.11</b>	<b>PUESTA A TIERRA DEL CT</b>								
02.11.01 2.11.1	<b>PUESTA A TIERRA</b> - 1 Ud. de tierras exteriores código 5/32 Unesa, incluyendo 3 picas de 2,00 m. de longitud, cable de cobre desnudo, cable de cobre aislado de 0,6/1kV y elementos de conexión, instalado, según se describe en proyecto.								
	<b>Total partida 02.11.01</b>						1,00	583,45	583,45
02.11.02 2.11.2	<b>SISTEMA DE CONEXIÓN</b> -1 Ud. tierras interiores para poner en continuidad con las tierras exteriores, formado por cable de 50mm <sup>2</sup> de Cu desnudo para la tierra de protección y aislado para la de servicio, con sus conexiones y cajas de seccionamiento, instalado, según memoria.								
	<b>Total partida 02.11.02</b>						1,00	322,85	322,85
	<b>Total capítulo 02.11</b>								<b>906,30</b>
	<b>Total capítulo 02.11</b>								<b>29.332,23</b>









	PRESUPUESTO INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN CENTRO DOCENTE PARA ADULTOS	Pág.: 8
	MEDICIONES Y PRESUPUESTO	Ref.: promyp2
	LUMINARIAS	Fec.:

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Longitud	Latitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
<b>06</b>	<b>LUMINARIAS</b>								
06.01 6.1	Ud Downlight empotrar 57W Downlight empotrado circular decorativo IP20, modelo FBS280 2xPL-T/4P57W/830 HFP C PI WH, de PHILIPS o equivalente aprobado, con disipador y reflector de aluminio, color blanco a elegir en obra, todo para empotrar en falso techo. Incluso equipo electrónico. Incluyendo clips de fijación y todos los elementos necesarios para su correcto montaje. Completamente fijado, conexionado, montado e instalado.								
	Total partida 06.01						14,00	31,48	440,72
06.02 6.2	Ud Luminaria empotrar 4x14 W Luminaria empotrada de la gama SMARTFORM TBS 464, saliente hacia el lado del local. Cuerpo de la luminaria en color blanco. Sistema óptico directo, con dos posiciones de diferente profundidad dentro del cuerpo de la luminaria. Medidas del módulo 600 mm. para tubos MASTER TL5 4x14w. Equipada con balasto electrónico. Tubos fluorescentes de 24W incluidos. Modelo TBS464 4x14W/840 HFP SQR C8-C W IPD-WH de PHILIPS. Totalmente montada, conexionada y funcionando.								
	Total partida 06.02						89,00	64,52	5.742,28
06.03 6.3	Ud Apar. autón. emerg. 211 lum 1h empotrado Aparato autónomo de emergencia, DAISALUX o equivalente, modelo HYDRA N5 TCA, y lámpara de emergencia fluorescente de 8 W, 211 lúmenes y 1 h de autonomía, incluso lámpara y caja de enrasar en techo para instalación empotrada, incluyendo conexión mediante cable bus con central de emergencia, completamente instalada y funcionando.								
	Total partida 06.03						24,00	22,89	549,36
	<b>Total capítulo 06</b>								<b>6.732,36</b>
	<b>Total presupuesto</b>								<b>45.172,82</b>

	PRESUPUESTO INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN CENTRO DOCENTE PARA ADULTOS	Pág.: 1
	RESUMEN DE CAPÍTULOS	Ref.: prores1
		Fec.:

Nº Orden	Código	Descripción de los capítulos	Importe
01	1	CENTRO DE SECCIONAMIENTO	4.084,75
01.05	1.5	PUESTA A TIERRA DEL CS	906,30
02	2	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	29.332,23
02.11	2.11	PUESTA A TIERRA DEL CT	906,30
03	3	CUADRO GENERAL BAJA TENSIÓN	1.921,27
04	4	CUADRO SECUNDARIO	1.868,11
05	5	CONDUCTORES ELÉCTRICOS	1.234,10
06	6	LUMINARIAS	6.732,36

<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL .....</b>	<b>45.172,82</b>
9 % Gastos Generales .....	4.065,55
6 % Beneficio Industrial .....	2.710,37
<b>TOTAL EJECUCIÓN POR CONTRATA .....</b>	<b>51.948,74</b>
21 % I.V.A. ....	10.909,24
<b>TOTAL PRESUPUESTO C/IVA .....</b>	<b>62.857,98</b>

Asciende el presupuesto proyectado, a la expresada cantidad de:  
SESENTA Y DOS MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA Y SIETE EUROS CON NOVENTA Y OCHO CÉNTIMOS

31 de Julio de 2012

LA PROPIEDAD

LA DIRECCIÓN TÉCNICA

LA CONSTRUCTORA

Fdo.: .....

Fdo.: .....

Fdo.: .....



# PLANOS



## ÍNDICE:

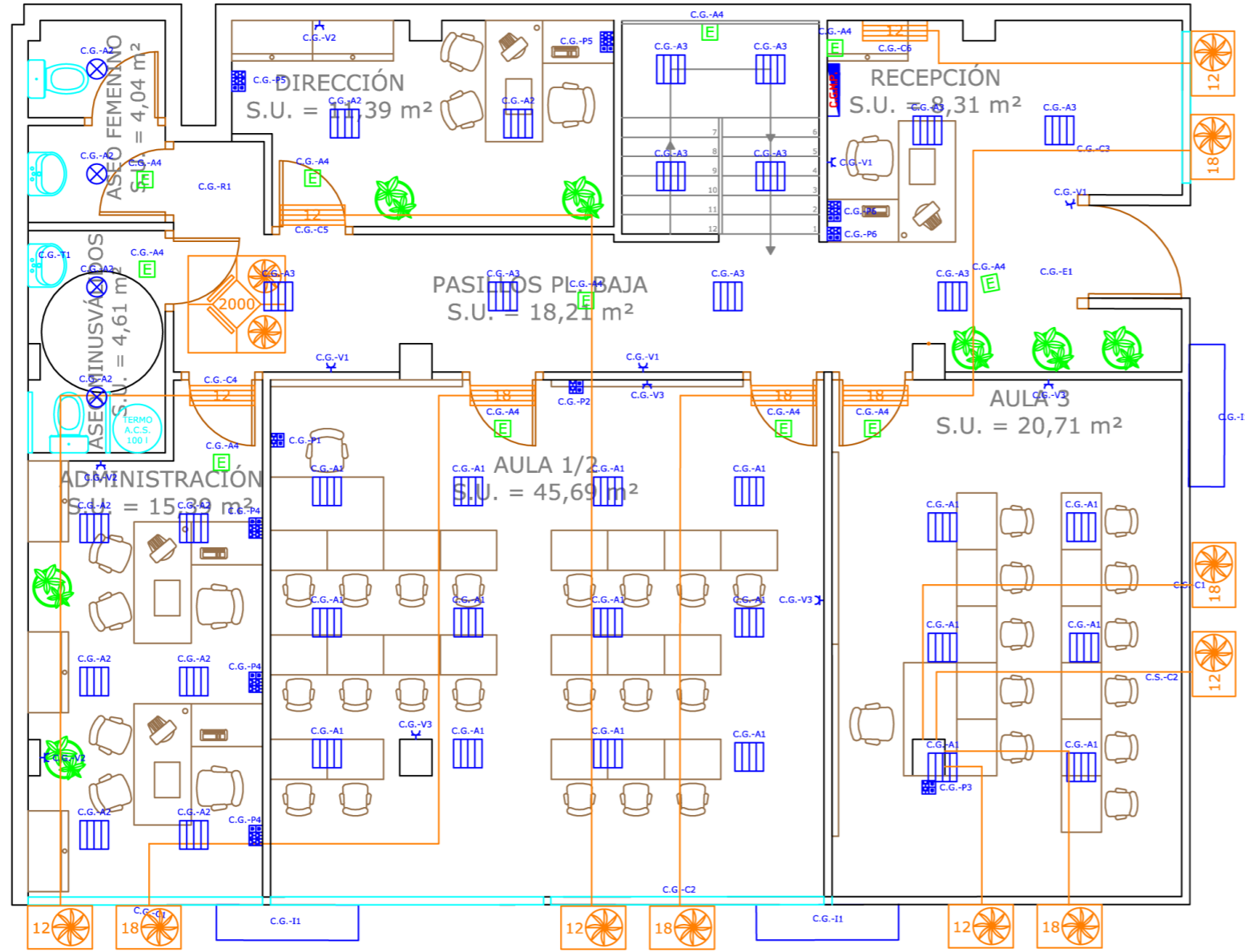
PLANO 01: ELECTRICIDAD PRIMERA PLANTA.

PLANO 02: ELECTRICIDAD PLANTA BAJA.

PLANO 03: UNIFILAR C.G.B.T

PLANO 04: UNIFILAR C.SECUNDARIO

PLANTA PRIMERA



**LEYENDA**

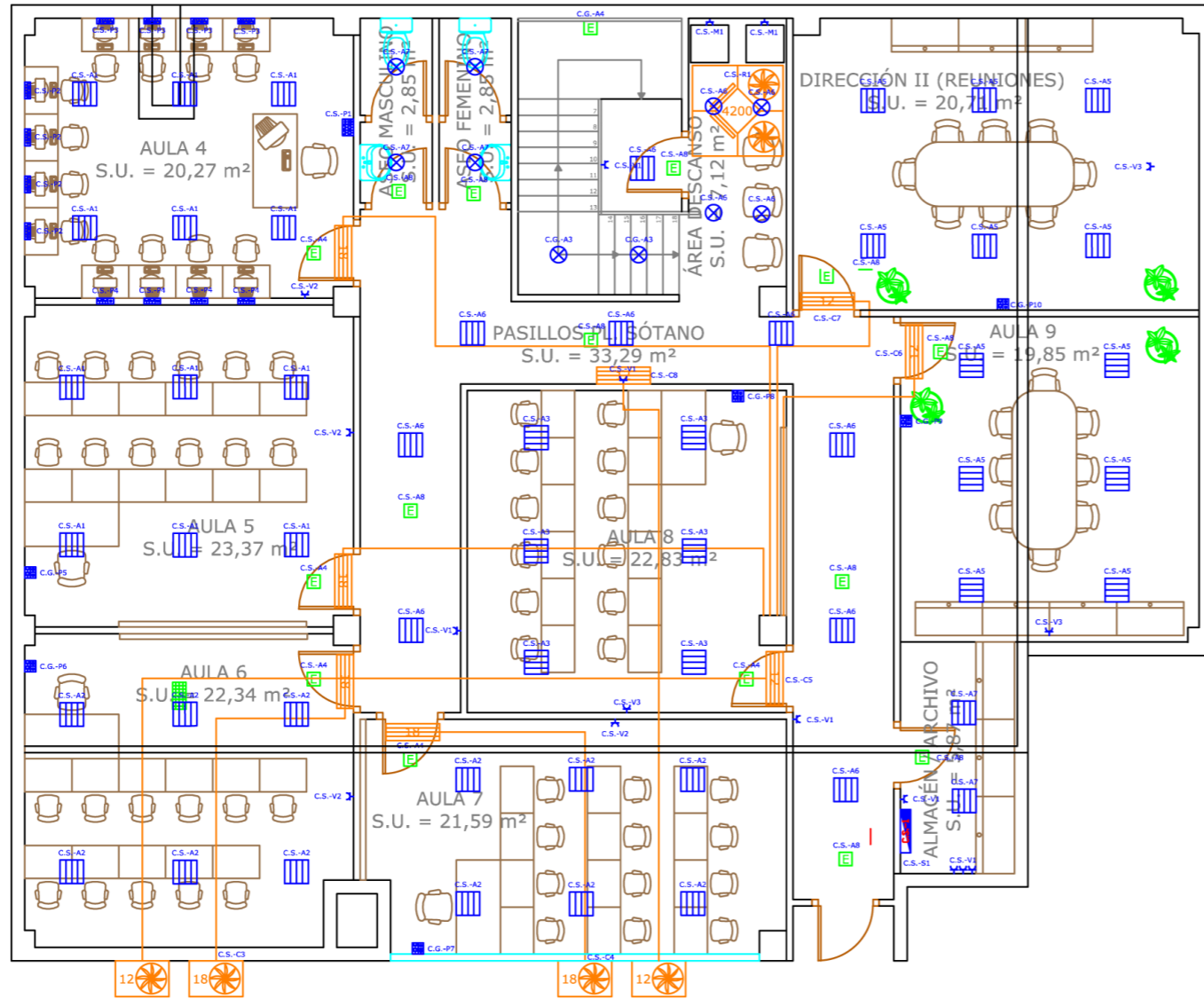
	Luz de Emergencia
	Puesto de trabajo 4 tom. de corriente+2 tom. voz/datos
	Puesto de trabajo 2 tom. de corriente+2 tom. voz/datos
	Puesto de trabajo 2 tom. de corriente+1 tom. voz/datos
	Toma de corriente 230 V
	Downlight 1 x 57 W
	Cuadro general
	Cuadro secundario
	Pantalla 4 x 18 W
	Rótulo luminoso 2 x 150 W

**LEYENDA**

	Unidad Exterior HUM-12
	Unidad Exterior HUM-18
	Unidad Interior HSM-12
	Unidad Interior HSM-18
	Recuperador Calor 4200H
	Recuperador Calor 2000H

	<b>Universidad Carlos III de Madrid</b>	
	PROYECTO FIN DE CARRERA: INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN CENTRO DOCENTE	Proyecto : Francisco José Sánchez Martín Fecha : 04/2013
Plano : <b>ELECTRICIDAD PLANTA PRIMERA</b>	Escala : 1 / 100 Plano : 01	

PLANTA BAJA



**LEYENDA**

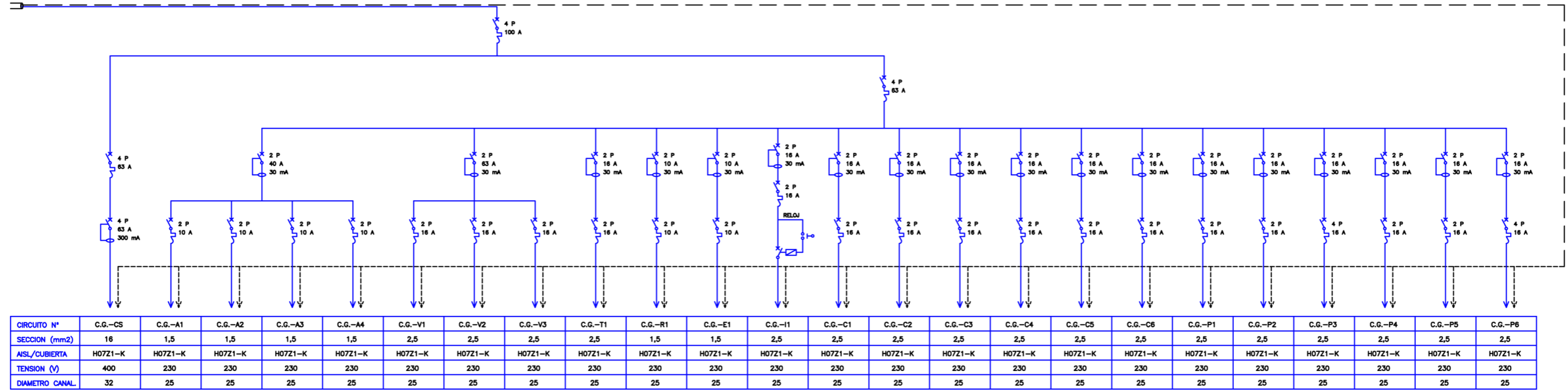
	Luz de Emergencia
	Puesto de trabajo 4 tom. de corriente+2 tom. voz/datos
	Puesto de trabajo 2 tom. de corriente+2 tom. voz/datos
	Puesto de trabajo 2 tom. de corriente+1 tom. voz/datos
	Toma de corriente 230 V
	Downlight 1 x 57 W
	Cuadro general
	Cuadro secundario
	Pantalla 4 x 18 W
	Rótulo luminoso 2 x 150 W

**LEYENDA**

	Unidad Exterior HUM-12
	Unidad Exterior HUM-18
	Unidad Interior HSM-12
	Unidad Interior HSM-18
	Recuperador Calor 4200H
	Recuperador Calor 2000H

 <b>Universidad Carlos III de Madrid</b>		
PROYECTO FIN DE CARRERA: INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN CENTRO DOCENTE	Proyecto :	Francisco José Sánchez Martín
	Fecha :	04/2013
Plano :  <b>ELECTRICIDAD PLANTA BAJA</b>	Escala :	1 / 100
	Plano :	02

# C.G. – CUADRO GENERAL



C.G.-CS	CUADRO SECUNDARIO PLANTA BAJA
C.G.-A1	ALUMBRADO AULA I + AULA II + AULA III
C.G.-A2	ALUMBRADO ADMINISTRACION+DIRECCION+ASEOS
C.G.-A3	ALUMBRADO RECEPCION+ESCALERA+PASILLO
C.G.-A4	ALUMBRADO EMERGENCIA

C.G.-E1	PUERTA (CIERRE ELÉCTRICO)
C.G.-I1	ILUMINACIÓN RÓTULOS
C.G.-C1	CLIMATIZACIÓN AULA I
C.G.-C2	CLIMATIZACIÓN AULA II
C.G.-C3	CLIMATIZACIÓN AULA III

C.G.-P3	TOMAS CORR. PUESTO TRABAJO AIII
C.G.-P4	TOMAS CORR. PUESTO TRABAJO ADM.
C.G.-P5	TOMAS CORR. PUESTO TRABAJO DIREC.
C.G.-P6	TOMAS CORR. PUESTO TRABAJO RECEP.

C.G.-V1	TOMAS CORR. USOS VARIOS PASILLO + RECEP.
C.G.-V2	TOMAS CORR. USOS VARIOS ADM. + DIREC.
C.G.-V3	TOMAS CORR. USOS VARIOS AI+AII+AIII
C.G.-T1	TERMO
C.G.-R1	RECUPERADOR PLANTA ALTA

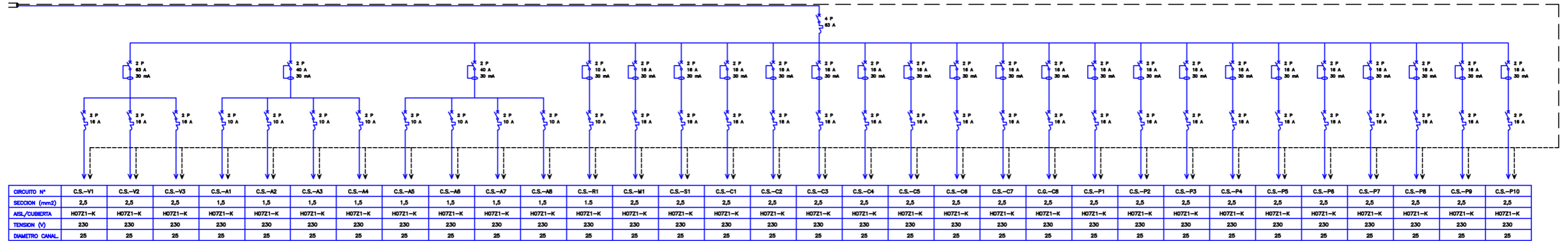
C.G.-C4	CLIMATIZACIÓN ADMINISTRACIÓN
C.G.-C5	CLIMATIZACIÓN DIRECCIÓN
C.G.-C6	CLIMATIZACIÓN RECEPCIÓN
C.G.-P1	TOMAS CORR. PUESTO TRABAJO AI
C.G.-P2	TOMAS CORR. PUESTO TRABAJO AII



## Universidad Carlos III de Madrid

PROYECTO FIN DE CARRERA: INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN CENTRO DOCENTE  UNIFILAR C.G.B.T	Proyecto :	Francisco José Sánchez Martín
	Fecha :	04/2013
	Plano :	S / N
	Plano :	03

## C.S. – CUADRO SECUNDARIO PLANTA BAJA



C.S.-V1	TOMAS CORR. USOS VARIOS PAS. + ALM.
C.S.-V2	TOMAS CORR. USOS VARIOS AIV+AV+AVI+AVII
C.S.-V3	TOMAS CORR. USOS VARIOS AVIII+AIX+DIREC. 2
C.S.-A1	ALUMBRADO AULA IV + AULA V
C.S.-A2	ALUMBRADO AULA VI + AULA VII

C.S.-C2	CLIMATIZACIÓN AULA V
C.S.-C3	CLIMATIZACIÓN AULA VI
C.S.-C4	CLIMATIZACIÓN AULA VII
C.S.-C5	CLIMATIZACIÓN AULA VIII
C.S.-C6	CLIMATIZACIÓN AULA IX

C.S.-P9	TOMAS CORR. PUESTO TRABAJO AULA IX
C.S.-P10	TOMAS CORR. PUESTO TRABAJO DIRECCIÓN 2

C.S.-A3	ALUMBRADO AULA VIII
C.S.-A4	ALUMBRADO DE EMERGENCIA
C.S.-A5	ALUMBRADO AULA IX + DIRECCIÓN 2
C.S.-A6	ALUMBRADO PASILLO + DESCANSO
C.S.-A7	ALUMBRADO ALMACÉN + ASEOS

C.S.-C7	CLIMATIZACIÓN DIRECCIÓN 2
C.S.-C8	CLIMATIZACIÓN PASILLO
C.S.-P1	TOMAS CORR. PUESTO TRABAJO AULA IV (PROF.)
C.S.-P2	TOMAS CORR. PUESTO TRABAJO AULA IV (FONDO)
C.S.-P3	TOMAS CORR. PUESTO TRABAJO AULA IV (DCHA.)

C.S.-A8	ALUMBRADO DE EMERGENCIA
C.S.-R1	RECUPERADOR PLANTA BAJA
C.S.-M1	MAQUINARIA ÁREA DE DESCANSO
C.S.-S1	S.A.I.
C.S.-C1	CLIMATIZACIÓN AULA IV

C.S.-P4	TOMAS CORR. PUESTO TRABAJO AULA IV (IZDA.)
C.S.-P5	TOMAS CORR. PUESTO TRABAJO AULA V
C.S.-P6	TOMAS CORR. PUESTO TRABAJO AULA VI
C.S.-P7	TOMAS CORR. PUESTO TRABAJO AULA VII
C.S.-P8	TOMAS CORR. PUESTO TRABAJO AULA VIII

### Universidad Carlos III de Madrid

<b>PROYECTO FIN DE CARRERA: INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN CENTRO DOCENTE</b>	Proyecto :	Francisco José Sánchez Martín
	Fecha :	04/2013
Plano :  <b>UNIFILAR C.S</b>	Escala :	S / N
	Plano :	04