



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID  
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería Eléctrica

**Diseño de un Centro de Transformación  
en edificio prefabricado, alimentado de  
una red subterránea, para el suministro a  
una industria.**

Autor:

**Gutiérrez Garrido, Guillermo**

Tutor:

Muñoz Cano, Manuel  
Dpto. de Ingeniería Eléctrica

Valladolid, Junio 2014





**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

## **RESUMEN:**

En el presente proyecto se ha diseñado un Centro de Transformación de abonado cuyo objetivo es cubrir la necesidad de energía eléctrica de una industria del sector secundario. La acometida, propiedad de la empresa distribuidora, se realiza desde una red subterránea de 13.2 kV a 50 Hz. El Centro de Transformación hará frente a una previsión de carga simultánea de alrededor de 1300 kW con un factor de potencia de 0.96, corregido en la carga por medio de una batería de condensadores. Se ha requerido el dimensionado de dos transformadores de aislamiento seco de 800 kVA cada uno.

El Centro de Transformación será en edificio prefabricado e irá equipado con celdas modulares compartimentadas y aislamiento en SF6. Tendrá unas dimensiones adecuadas para el movimiento y colocación de la maquinaria y elementos necesarios para la ejecución de la instalación y para la realización de las preceptivas operaciones de mantenimiento.

## **PALABRAS CLAVE:**

Centro de transformación, Transformador seco, Edificio prefabricado, Aislamiento en SF6, Media tensión.





ÍNDICE PROYECTO:

|   |     |
|---|-----|
| 0. ÍNDICE DE TABLAS.....                    | 7   |
| 1. MEMORIA.....                             | 11  |
| 2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....             | 41  |
| 3. PLIEGO DE CONDICIONES.....               | 63  |
| 4. PRESUPUESTO.....                         | 95  |
| 5. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD..... | 105 |
| 6. ANEXO. INSTALACIÓN BAJA TENSIÓN.....     | 127 |
| 7. PLANOS.....                              | 173 |





**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

## **O. ÍNDICE DE TABLAS**







ÍNDICE DE TABLAS:

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 1 - CARACTERÍSTICAS DEL TRANSFORMADOR.....                | 26  |
| Tabla 2 - GRADO DE PROTECCIÓN DEL TRANSFORMADOR (1).....        | 27  |
| Tabla 3 - GRADO DE PROTECCIÓN DEL TRANSFORMADOR (2).....        | 28  |
| Tabla 4 - POTENCIA DEL TRANSFORMADOR EN CASO DE FALLO.....      | 30  |
| Tabla 5 - CARGA AXIAL DE TORNILLOS.....                         | 51  |
| Tabla 6 - CÁLCULOS DE TIERRAS (PROTECCIÓN PERSONAS).....        | 61  |
| Tabla 7 - CÁLCULOS DE TIERRAS (TENSIÓN E INTENSIDAD DE DEFECTO) | 61  |
| Tabla 8 - PEM OBRA CIVIL.....                                   | 99  |
| Tabla 9 - PEM ELEMENTOS ELÉCTRICOS.....                         | 101 |
| Tabla 10 - RESULTADOS CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN...   | 138 |
| Tabla 11 - RESULTADOS SUBCUADRO S1 S. GRALES.....               | 140 |
| Tabla 12 - RESULTADOS SUBCUADRO S1.1 AUX. C.T.....              | 141 |
| Tabla 13 - RESULTADOS SUBCUADRO S1.2 ALUMBRADO.....             | 142 |
| Tabla 14 - RESULTADOS SUBCUADRO S1.3 FUERZA.....                | 144 |
| Tabla 15 - RESULTADOS SUBCUADRO S1.4 CAM. CALEF.....            | 145 |
| Tabla 16 - RESULTADOS SUBCUADRO S1.5 AGUA.....                  | 146 |
| Tabla 17 - RESULTADOS SUBCUADRO S2 M. PRIMA.....                | 146 |
| Tabla 18 - RESULTADOS SUBCUADRO S3 PRE. M.P.....                | 147 |
| Tabla 19 - RESULTADOS SUBCUADRO S4 AMASADO.....                 | 148 |
| Tabla 20 - RESULTADOS SUBCUADRO S5 PRENSADO.....                | 149 |
| Tabla 21 - RESULTADOS SUBCUADRO S6 SECADO.....                  | 150 |
| Tabla 22 - RESULTADOS SUBCUADRO S7 ESMALTADO.....               | 151 |
| Tabla 23 - RESULTADOS SUBCUADRO S7.1 FRITADO.....               | 152 |
| Tabla 24 - RESULTADOS SUBCUADRO S7.2 ESMALTADO.....             | 153 |
| Tabla 25 - RESULTADOS SUBCUADRO S8 COCCIÓN.....                 | 154 |
| Tabla 26 - RESULTADOS SUBCUADRO S8.1 PRECALENT.....             | 155 |



|  |     |
|--|-----|
| Tabla 27 - RESULTADOS SUBCUADRO S8.2 COCCIÓN.....      | 156 |
| Tabla 28 - RESULTADOS SUBCUADRO S8.3 ENFRIAMIENTO..... | 157 |
| Tabla 29 - RESULTADOS SUBCUADRO S9 ALMACÉN.....        | 158 |
| Tabla 30 - RESULTADOS SUBCUADRO S11 ANEXOS.....        | 159 |
| Tabla 31 - RESULTADOS SUBCUADRO S11.1 OFICINAS.....    | 160 |
| Tabla 32 - RESULTADOS SUBCUADRO S11.1.1 AL. OFIC.....  | 161 |
| Tabla 33 - RESULTADOS SUBCUADRO S11.1.2 FZA. OFIC..... | 162 |
| Tabla 34 - RESULTADOS SUBCUADRO S11.2 S CONTROL.....   | 163 |
| Tabla 35 - RESULTADOS SUBCUADRO S11.2.1 AL CONT.....   | 164 |
| Tabla 36 - RESULTADOS SUBCUADRO S11.2.2. FZA CONT..... | 165 |
| Tabla 37 - RESULTADOS SUBCUADRO S11.3 SERV. VEST.....  | 166 |
| Tabla 38 - RESULTADOS SUBCUADRO S11.3.1 AL SV.....     | 167 |
| Tabla 39 - RESULTADOS SUBCUADRO S11.3.2. FZA SV.....   | 168 |
| Tabla 40 - RESULTADOS SUBCUADRO S12 EMERG. AL.....     | 170 |
| Tabla 41 - RESULTADOS SUBCUADRO S13 EMERG. FZA.....    | 171 |



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

# 1. MEMORIA





ÍNDICE:

|  |    |
|--|----|
| 1 MEMORIA.....   | 15 |
| 1.1. OBJETO DEL PROYECTO.....  | 15 |
| 1.1.1. Finalidad de la instalación.....                              | 15 |
| 1.1.2. Reglamentación y disposiciones generales.....                 | 16 |
| 1.2. PETICIONARIO.....   | 17 |
| 1.3. EMPLAZAMIENTO.....  | 17 |
| 1.4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CENTRO DE<br>TRANSFORMACION.....  | 17 |
| 1.5. PROGRAMACIÓN DE NECESIDADES Y POTENCIA INSTALADA<br>EN KVA..... | 18 |
| 1.6. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....                              | 18 |
| 1.6.1. Obra civil.....   | 18 |
| 1.6.1.1. Local.....  | 18 |
| 1.6.1.1.1. Características generales.....                            | 18 |
| 1.6.1.1.2. Cimentación.....  | 19 |
| 1.6.1.1.3. Solera, pavimento y cerramientos exteriores.....          | 19 |
| 1.6.1.1.4. Forjado Superior.....                                     | 21 |
| 1.6.1.1.5. Acabados.....   | 21 |
| 1.6.1.1.6. Canalizaciones.....                                       | 22 |
| 1.6.1.1.7. Desagües.....   | 23 |
| 1.6.1.2. Condiciones acústicas.....                                  | 23 |
| 1.6.1.3. Grado de protección.....                                    | 23 |
| 1.6.1.4. Ventilación.....  | 23 |
| 1.6.1.5. Carpintería y cerrajería.....                               | 24 |
| 1.6.1.5.1. Puertas.....  | 24 |
| 1.6.1.5.2. Tapas de canales interiores.....                          | 24 |
| 1.6.2. Instalación eléctrica.....                                    | 25 |
| 1.6.2.1. Red de alimentación.....                                    | 25 |
| 1.6.2.2. Transformador.....  | 25 |
| 1.6.2.3. Interconexión transformador con cuadro de BT.....           | 30 |



|   |    |
|---|----|
| 1.6.2.4. Celdas y aparata de MT y BT.....                                   | 30 |
| 1.6.2.4.1. Composición de las celdas.....                                   | 30 |
| 1.6.2.4.2. Características de la aparata de alta tensión...                 | 31 |
| 1.6.2.4.3. Características de la aparata de baja tensión..                  | 32 |
| 1.6.2.4.4. Características de material vario de alta y baja<br>tensión..... | 33 |
| 1.6.3. Medida de la energía eléctrica.....                                  | 33 |
| 1.6.4. Puesta a tierra.....   | 33 |
| 1.6.4.1. Tierra de protección.....  | 33 |
| 1.6.4.2. Tierra de servicio.....  | 33 |
| 1.6.5. Instalaciones secundarias.....                                       | 34 |
| 1.6.5.1. Alumbrado.....   | 34 |
| 1.6.5.2. Protección contra incendios.....                                   | 34 |
| 1.6.5.3. Ventilación.....   | 35 |
| 1.6.5.4. Medidas de seguridad.....  | 35 |
| 1.6.5.4.1. Alumbrado de seguridad.....                                      | 35 |
| 1.6.5.4.2. Señalización de seguridad.....                                   | 35 |
| 1.6.5.4.3. Material de seguridad.....                                       | 36 |
| 1.6.6. Compensación de reactiva.....  | 37 |
| 1.6.6.1. Necesidad de la compensación de energía reactiva.....              | 37 |
| 1.6.6.2. Batería de condensadores.....                                      | 38 |
| 1.6.6.3. Criterios de compensación.....                                     | 38 |
| 1.6.6.3.1. Compensación en alta tensión.....                                | 39 |
| 1.6.6.3.2. Compensación en baja tensión.....                                | 39 |



## 1. MEMORIA.

### 1.1. OBJETO DEL PROYECTO.

El objeto del presente proyecto es el de exponer ante los organismos competentes que las instalaciones que nos ocupan reúnen las condiciones y garantías exigidas por la reglamentación vigente; con el fin de obtener la autorización administrativa, así como la función de servir de base a la hora de proceder a la ejecución del mismo.

Se trata de un Centro de Transformación de abonado destinado a suministrar energía eléctrica en baja tensión, de características normalizadas, a una fábrica cuyos requerimientos eléctricos se especifican en el presente proyecto.

Es objeto de este proyecto, la redacción de los documentos necesarios para la descripción de las instalaciones que se precisan y la ejecución de las mismas. Así como la aplicación de las normas técnicas y reglamentarias de seguridad y salud que han de servir de base para las instalaciones que se desean realizar en la obra, con el fin de conseguir una correcta ejecución de las mismas y adaptada a la normativa y exigencias actuales.

#### 1.1.1. Finalidad de la instalación.

La transformación resulta de gran aplicación en la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica, permitiendo adecuar en cada caso el valor de la tensión más conveniente, desde el punto de vista económico, atendiendo a la potencia que se va a transmitir, a la longitud de la línea, y a otras circunstancias.

En el caso que nos ocupa, la necesidad es la de transformar la energía eléctrica que nos proporciona la red a una tensión de 13.2 kV a los 400 V que requiere el consumo en baja tensión de forma que, en condiciones normales de funcionamiento, nunca se requerirá una potencia simultánea mayor de 1300 kW con un factor de potencia de 0.96 corregido en la carga por medio de una batería de condensadores, por tanto una potencia máxima simultánea equivalente a 1355 kVA, para su distribución y consumo de la empresa "Cerámicas La



Cistérniga", Valladolid. Para lo cual se proyectarán dos transformadores en paralelo de 800 kVA cada uno.

#### 1.1.2. Reglamentación y disposiciones oficiales.

A continuación se numeran los reglamentos y normas que se han utilizado para la redacción del proyecto. Todas ellas son de obligado o recomendado cumplimiento:

- Real Decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, así como las Órdenes de 6 de julio de 1984, de 18 de octubre de 1984 y de 27 noviembre de 1987, por las que se aprueban y actualizan las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre dicho reglamento.
- Orden de 10 de Marzo de 2000, modificando ITC MIE RAT en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- Real Decreto 223/2008 de 15 de Febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus ITC.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).
- Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Energía Eléctrica.
- Recomendaciones UNESA.
- Normalización Nacional. Normas UNE.
- Método de Cálculo y Proyecto de instalaciones de puesta a tierra para Centros de Transformación conectados a redes de tercera categoría, UNESA.





- Ley 10/1996, de 18 de Marzo sobre Expropiación Forzosa y sanciones en materia de instalaciones eléctricas y Reglamento para su aplicación, aprobado por Decreto 2619/1966 de 20 de Octubre.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 30 de Mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.

## 1.2. PETICIONARIO

La petición de obra fue realizada por el cliente "Cerámicas La Cistérniga".

## 1.3. EMPLAZAMIENTO.

El Centro de Transformación se encuentra ubicado en la parcela de la propia empresa en la Ctra. de Soria s/n en el término municipal de La Cistérniga, Valladolid. No se adjunta plano de situación de las instalaciones debido a que este proyecto se ha desarrollado con carácter docente y no se ha determinado una zona específica.

## 1.4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

El Centro de Transformación objeto del presente proyecto será de tipo interior, empleando para su anclaje celdas prefabricadas bajo envoltente metálica según norma UNE-EN 60298.

La acometida al mismo será subterránea propiedad de la empresa suministradora, y el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 13.2 kV y una frecuencia de 50 Hz.

Las celdas a emplear serán prefabricadas bajo envoltente metálica.



El sistema de ventilación utilizado es natural y se realiza a través de rejillas formadas por láminas en forma de "V" invertida, diseñadas para formar un laberinto que evita la entrada de agua de lluvia en el Centro. Cada rejilla se complementa con una malla mosquitera.

Las dimensiones del Centro de Transformación deberán permitir:

- El movimiento o colocación en su interior de los elementos y maquinaria necesarios para la realización adecuada de la instalación eléctrica.
- La ejecución de las maniobras propias de su explotación y operaciones de mantenimiento en condiciones óptimas de seguridad para las personas que lo realicen, según se recoge en las instrucciones MIE-RAT-14 ó MIE-RAT-15 según se trate de maniobra de interior o exterior respectivamente.

#### 1.5. PROGRAMA DE NECESIDADES Y POTENCIA INSTALADA EN kVA.

La red de distribución dimensionada dará servicio eléctrico para una previsión de potencia simultánea mayor de 1300 kW con un factor de potencia de 0.96 corregido en la carga por medio de una batería de condensadores, por tanto una potencia máxima simultánea equivalente a 1355 kVA. Necesidades de carga se especifican en el documento 6 ANEXO. INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN.

#### 1.6. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.

##### 1.6.1. Obra civil.

##### 1.6.1.1. Local.

##### 1.6.1.1.1. Características constructivas

##### 1.6.1.1.1.1. Características generales.

El Centro de Transformación deberá cumplir las siguientes condiciones:

- No contendrá canalizaciones ajenas al propio centro tales como agua, aire, gas, teléfono,...
- Será construido enteramente con materiales no combustibles.



- Los elementos delimitadores del Centro de Transformación, tales como muros, tabiques o cubiertas, así como los estructurales en él contenidos, vigas y pilares, tendrán una resistencia al fuego de acuerdo con la NBE CPI 96 y los materiales constructivos del revestimiento interior (pavimento, techo...) serán de clase MO de acuerdo con la Norma UNE 23727.

#### 1.6.1.1.1.2. Cimentación.

Si el Centro de Transformación se ubica a nivel del terreno, la cimentación se realizará mediante zapatas aisladas y flexibles arriostrados en dos direcciones. El terreno será compacto, con una tensión admisible de 1,5 kg/cm<sup>2</sup> como mínimo para una profundidad de 1,50 m. No obstante la Dirección Facultativa ha de realizar un estudio geotécnico para obtener el mayor grado de certeza del comportamiento resistente del terreno.

Las cargas a considerar serán las más desfavorables de las obtenidas en la base de los pilares de planta baja, más el peso propio de la zapata de hormigón.

Al objeto de evitar la transmisión de humedades por capilaridad, el hormigón de los elementos de cimentación, contención de tierras y soleras, llevará en su masa un aditivo hidrofugante que tenga concedido el Documento de Idoneidad Técnica.

#### 1.6.1.1.1.3. Solera, pavimento y cerramientos exteriores.

El acabado de la solera se hará con una capa de mortero de cemento de una composición adecuada para evitar la formación de polvo y ser resistente a la abrasión, estará elevada 0.2 m sobre el nivel exterior cuando éste sea inundable. Tendrá una ligera



pendiente hacia un punto adecuado de recogida de líquido.

Al realizar el suelo y, en general la obra civil, se deberán tener en cuenta el empotramiento de herrajes, colocación de tubos, registros, canalizaciones de cables, mallas de tierra, etc.

En el piso, a una profundidad máxima de 0,10 m, se instalará un enrejado de hierros redondos de 4 mm de diámetro como mínimo, fondo malla no mayor de 0,30x0,30 m, con nudos soldados. Dicha malla se unirá eléctricamente a la línea de tierra de las masas.

En el hueco para el transformador se dispondrán dos perfiles en forma de "U", que se puedan desplazar en función de la distancia entre las ruedas del transformador.

Los muros o tabiques exteriores se construirán de forma que sus características mecánicas estén de acuerdo con el resto del edificio. Para el dimensionado de los espesores se tendrán en cuenta las Condiciones Acústicas, en especial cuando se trate de separaciones con otros locales (todo ellos conforme a las Ordenanzas Municipales y/o distintas legislaciones de las Comunidades Autónomas).

Los muros exteriores tendrán una resistencia mínima de 10.000 ohmios. La medición de esta resistencia se realizará aplicando una tensión de 500 V entre dos placas de 200 cm<sup>2</sup> cada una, según se indica en la RU 1303 A.

Ningún herraje o elemento metálico atravesará la pared para no transmitir tensiones al exterior.

Los tabiques interiores, en función de su uso, deberán presentar la suficiente resistencia



mecánica. Sus cantos libres, cuando tengan que servir de apoyo a la aparamenta, quedarán rematados con perfiles en U y presentarán la debida solidez para absorber los esfuerzos y vibraciones. Se preverá la sujeción en los mismos de los herrajes, bastidores, paso de canalizaciones, etc.

En la pared frontal se sitúan las puertas de acceso a peatones, puertas del transformador y rejillas de ventilación. Todos estos materiales están fabricados en chapa de acero galvanizado. Las puertas de acceso y rejillas de ventilación se describen en los respectivos apartados de "Carpintería y cerrajería" y "Ventilación". Las puertas y rejillas metálicas que den al exterior del CT serán recibidas en la pared, de forma que no exista contacto eléctrico con las masas conductoras interiores, incluidas las estructuras metálicas de la albañilería.

Las salidas permitirán el paso de los cables del electrodo de puesta a tierra y de la línea de tierra de servicio (neutro).

#### 1.6.1.1.1.4. Forjado superior.

El valor mínimo de sobrecarga que debe soportar sobre él será el indicado en el apartado 5.4.2. de la Norma UNE-EN 61330. Se dimensionará de acuerdo a las cargas permanentes y sobrecargas que sobre él pueden actuar (CTE).

El sistema elegido será mediante vigas prefabricadas en obra y viguetas semi-resistentes, con Documento de Idoneidad Técnica, cuya ficha de características se exigirá por la dirección técnica.

#### 1.6.1.1.1.5. Acabados.

El acabado de la albañilería tendrá las características siguientes:



- Paramentos interiores: Raseo con mortero de cemento fratasado y pintado, estando prohibido el acabado con yeso.
- Paramentos exteriores: Se realizará de acuerdo con el resto del edificio.
- El pavimento será de cemento continuo bruñido y ruleteado.
- El acabado de los elementos metálicos que intervengan en la construcción del Centro de Transformación deberá garantizar un adecuado comportamiento frente a la oxidación.

El acabado de las superficies exteriores se efectúa con pintura acrílica o epoxy, haciéndolas muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.

#### 1.6.1.1.1.6. Canalizaciones.

Las canalizaciones subterráneas enlazarán con el Centro de Transformación de forma que permitan el tendido directo de cables a partir de la vía de acceso o galería de servicios.

Los cables de AT entrarán bajo tubo en el Centro de Transformación, llegando a la celda correspondiente por canal o tubo.

En los tubos no se admitirán curvaturas. En los canales, los radios de curvatura serán, como mínimo de 0,6 m.

En los Centros de Transformación se establecerá un sistema de fosos o canales para facilitar el acceso de los cables de alta tensión a celdas y transformadores.



#### 1.6.1.1.1.7. Desagües.

El local deberá contar con cota de desagüe suficiente. Los fosos o canales tendrán la solera inclinada, con pendiente del 2% hacia una arqueta sumidero conectada a la arqueta colectora, que puede ir comunicada mediante tubo con el desagüe general o pozo filtrante.

#### 1.6.1.1.2. Condiciones acústicas.

El Centro de Transformación tendrá un aislamiento acústico de forma que no transmitan niveles sonoros superiores a los permitidos en las ordenanzas municipales y/o distintas legislaciones de las CC.AA.

El nivel de potencia acústica emitida por el edificio no excederá del nivel correspondiente al del transformador del Centro de Transformación.

#### 1.6.1.1.3. Grado de protección.

Cuando el Centro de Transformación se encuentre con las puertas cerradas, el grado de protección mínimo de personas contra el acceso a zonas peligrosas, así como la protección contra la entrada de objetos sólidos extraños y agua será IP23.

Durante las operaciones de mantenimiento o explotación del Centro de Transformación con las puertas abiertas, se tomarán otras precauciones para la protección de las personas.

#### 1.6.1.1.4. Ventilación.

Para la evacuación del calor generado en el interior del CT deberá posibilitarse una circulación de aire por medio de rejillas. Estas rejillas estarán formadas por lamas en forma de "V" invertida para evitar la entrada de agua de lluvia en el centro de transformación, y rejilla mosquitera, para evitar la entrada de insectos.



Las rejas de ventilación deberán situarse en fachada. Poseerán el grado de protección mínimo fijado en el apartado "Grado de protección" (1.6.1.1.3.) y cumplirán lo establecido en la NBE CPI-96.

#### 1.6.1.1.5. Carpintería y cerrajería.

La carpintería podrá ser metálica de la suficiente rigidez, y protegida mediante galvanizado en caliente u otro recubrimiento antioxidante. Asimismo, podrá ser de material orgánico, tal como poliéster con fibra de vidrio, resistente a la intemperie. Su resistencia mecánica será la adecuada a su situación y a la ubicación y características del Centro de Transformación.

El local del Centro de Transformación contará con los dispositivos necesarios para permanecer habitualmente cerrado, evitando el acceso a personas ajenas al servicio.

Los elementos delimitadores del Centro de Transformación tales como puertas, ventanas, rejillas,..., tendrán una resistencia al fuego y demás características de acuerdo con la NBE-CPI 96, y verificarán el grado de protección indicado en el apartado "Grado de protección" (1.6.1.1.3.).

##### 1.6.1.1.5.1. Puertas.

Las puertas de acceso disponen de un sistema de cierre con objeto de evitar aperturas intempestivas de las mismas y la violación del centro de transformación. Las puertas estarán abisagradas para que se puedan abatir 180° hacia el exterior, y se podrán mantener en la posición de 90° con un retenedor metálico.

##### 1.6.1.1.5.2. Tapas de canales interiores.

Los canales o fosos de cables, fuera de las celdas, irán cubiertos con tapas de hormigón o de chapa estriada, apoyadas sobre un cerco bastidor constituido por perfiles recibidos en el piso.





## 1.6.2. Instalación eléctrica.

### 1.6.2.1. Red de alimentación:

La red de la que se alimenta el centro de transformación es de tipo subterráneo, con una tensión de 13,2 kV, nivel de aislamiento según lista 2 (MIE-RAT 12), y una frecuencia de 50 Hz.

La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación será de 350 MVA, según los datos proporcionados por la empresa suministradora.

### 1.6.2.2. Transformador.

El transformador es trifásico reductor de tensión, con neutro accesible en el secundario, aislamiento seco y refrigeración por aire.

La conexión entre las celdas de A.T. y el transformador se realiza mediante conductores unipolares de aluminio, de aislamiento seco y terminales enchufables, con un radio de curvatura mínimo de  $10 \cdot (D+d)$ , siendo "D" el diámetro del cable y "d" el diámetro del conductor.

El transformador de potencia es el elemento más importante de un centro de transformación, ya que es la máquina que permite la transformación de un sistema de corriente alterna en unas condiciones de intensidad y tensión, en otro de similares características, pero con la tensión e intensidad deseadas.

En nuestro Centro de Transformación habrá dos transformadores reductores trifásicos, construidos según las normas, de marca ABB, con neutro accesible en el secundario, refrigeración natural por aire con las características que se muestran en la Tabla 1.



Tabla 1 - CARACTERÍSTICAS DEL TRANSFORMADOR

|                                 |                |         |
|---------------------------------|----------------|---------|
| Potencia (kVA)                  |                | 800 kVA |
| Tensión asignada                | Primario (kV)  | 24 kV   |
|                                 | Secundario (V) | 400 V   |
| Pérdidas en vacío (W)           |                | 2100 W  |
| Pérdidas en carga               | A 75° C (W)    | 8370 W  |
|                                 | A 120° C (W)   | 9400 W  |
| Impedancia de cortocircuito (%) |                | 6 %     |
| Nivel de potencia sonora (dB)   |                | 71 dB   |
| Longitud (mm)                   |                | 1530 mm |
| Anchura (mm)                    |                | 900 mm  |
| Altura (mm)                     |                | 1750 mm |
| Peso total (kg)                 |                | 2100 kg |
| Diámetro de ruedas (mm)         |                | 125 mm  |
| Distancia entre ruedas (mm)     |                | 670 mm  |

Se trata de un transformador con grado de protección IP 00 (según norma UNE 20324).

El primer 0 se denomina "primera cifra característica" e indica la protección de las personas contra el acceso a partes peligrosas, limitando o impidiendo la penetración de una parte del cuerpo humano o de un objeto cogido por una persona y, garantizando simultáneamente, la protección del equipo contra la penetración de cuerpos sólidos extraños. El 0 representa, tal como se aprecia en la Tabla 2, que la envolvente no protege. No es necesario ya que el acceso a los transformadores estará restringido a personal cualificado y estará en interior.



Tabla 2 - GRADO DE PROTECCIÓN DEL TRANSFORMADOR (1)

| Cifra | Grado de protección   |
|-------|---|
|       | Indicación breve sobre los objetos que no deben penetrar en la envolvente   |
| 0     | Sin protección particular   |
| 1     | Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 50 mm.   |
| 2     | Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 12 mm.   |
| 3     | Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 2,5 mm.  |
| 4     | Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 1 mm.  |
| 5     | No se impide totalmente la entrada de polvo, pero sin que el polvo entre en cantidad suficiente que llegue a perjudicar el funcionamiento satisfactorio del equipo. |
| 6     | Ninguna entrada de polvo  |

El segundo número, normalmente denominado "segunda cifra característica", indica la protección del equipo en el interior de la envolvente contra los efectos perjudiciales debidos a la penetración de agua. También lo tenemos sin protección, ya que tenemos un 0, porque los transformadores se encuentran en interior, y no debería existir flujo de agua al centro de transformación. Esta segunda cifra característica queda recogida en la Tabla 3.



Tabla 3 - GRADO DE PROTECCIÓN DEL TRANSFORMADOR (2)

| Cifra   | Grado de protección  |
|---|--|
|   | Tipo de protección proporcionada por la envolvente   |
| 0   | Sin protección particular.   |
| 1   | La caída vertical de gotas de agua no deberán tener efectos perjudiciales.   |
| 2   | Las caídas verticales de gotas de agua no deberán tener efectos perjudiciales cuando la envolvente está inclinada 15° con respecto a la posición normal.   |
| 3   | El agua pulverizada de lluvia que cae en una dirección que forma un ángulo de hasta 60° con la vertical, no deberá tener efectos perjudiciales.  |
| 4   | El agua proyectada en todas las direcciones sobre la envolvente no deberá tener efectos perjudiciales.   |
| 5   | El agua proyectada con la ayuda de una boquilla, en todas sus direcciones, sobre la envolvente, no deberá tener efectos perjudiciales.   |
| 6   | Bajo los efectos de fuertes chorros o con mar gruesa, el agua no deberá penetrar en la envolvente en cantidades perjudiciales.   |
| 7   | Cuando se sumerge la envolvente en agua en unas condiciones de presión y con una duración determinada, no deberá ser posible la penetración de agua en el interior de la envolvente en cantidades perjudiciales.   |
| 8   | El equipo es adecuado para la inmersión prolongada en agua bajo las condiciones especificadas por el fabricante.<br><br>NOTA: Esto significa que el equipo es rigurosamente estanco. No obstante, para ciertos tipos de equipos, esto puede significar que el agua pueda penetrar pero solo de manera que no produzca efectos perjudiciales. |
| Los procedimientos especializados de limpieza no están cubiertas por los grados de protección IP. Se recomienda que los fabricantes suministren, si es necesario, una adecuada información en lo referente a los procedimientos de limpieza. Eso está de acuerdo con las recomendaciones contenidas en la CEI 60529 para los procedimientos de limpieza especiales. |  |



Por otro lado, se han elegido dos transformadores para mejorar la fiabilidad del Centro de Transformación ya que los transformadores son cuellos de botella inevitables, en cuanto a su fiabilidad.

En cuanto a la potencia, se han elegido de 800 kVA para que funcionen simultáneamente con un régimen normal de funcionamiento del 80%. En caso de que uno fallara, el otro debería abastecer toda la carga, que es de 1266 MW.

Si atendemos a las características del transformador, podemos ver que, en realidad, la capacidad del transformador se ve incrementada en un 4% ya que la temperatura media del lugar donde se va a instalar es 10°C (Valladolid) y no 20°C como se muestra por defecto. Por otro lado, los transformadores pueden aguantar sobrecargas durante un cierto periodo de tiempo (Figura 1).

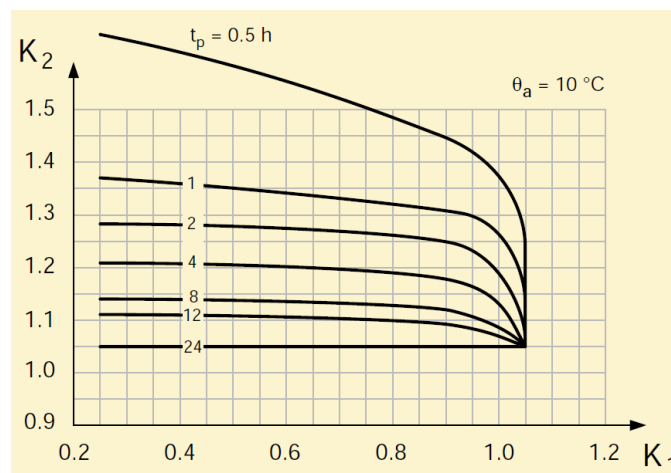


Figura 1. Constante de sobrecarga de un transformador

Asumiendo un  $K_1$  de 0.8 por funcionar, cada transformador, al 80% de su carga nominal en condiciones normales de funcionamiento, podemos calcular la potencia que va a abastecer un solo transformador en función del coeficiente  $K_2$  de sobrecarga. Los resultados se representan en la tabla 4.



Tabla 4 - POTENCIA DEL TRANSFORMADOR EN CASO DE FALLO

| $K_1$ | $T_p$<br>(h) | $K_2$ | $P_{\text{nominal}}$ del transformador | % $P_{\text{nominal}}$ por temperatura | Potencia que abastece (kVA) |
|-------|--------------|-------|--|--|-----------------------------|
| 0.8   | 0.5          | 1.48  | 800                                    | 104%                                   | 1231.36                     |
| 0.8   | 1            | 1.33  | 800                                    | 104%                                   | 1106.56                     |
| 0.8   | 2            | 1.26  | 800                                    | 104%                                   | 1048.32                     |
| 0.8   | 4            | 1.18  | 800                                    | 104%                                   | 981.76                      |
| 0.8   | 8            | 1.14  | 800                                    | 104%                                   | 948.48                      |
| 0.8   | 12           | 1.1   | 800                                    | 104%                                   | 915.2                       |
| 0.8   | 24           | 1.05  | 800                                    | 104%                                   | 873.6                       |

Con esto nos damos cuenta de que, durante media hora podremos abastecer 1231.36 kVA con un solo transformador, es decir, un 93.4% de la potencia nominal considerada simultánea. Lo que nos permitirá crear una secuencia de desconexión de cargas para proteger la instalación en caso de fallo, y poder seguir operando con relativa normalidad hasta que se solucione el fallo.

#### 1.6.2.3. Interconexión transformador con cuadro de BT.

La conexión del transformador y el cuadro de B.T. se realiza mediante conductores unipolares de aluminio, de aislamiento seco 0,6/1 kV sin armadura. Las secciones mínimas necesarias de los cables estarán de acuerdo con la potencia del transformador y corresponderán a las intensidades de corriente máximas permanentes soportadas por los cables. El circuito se realizara con cables de 240 mm<sup>2</sup>.

#### 1.6.2.4. Celdas y aparamenta de MT y BT.

##### 1.6.2.4.1. Composición de las celdas.

Las celdas son modulares con aislamiento y corte en SF<sub>6</sub>, cuyos embarrados se conectan de forma totalmente apantallada e insensible a las



condiciones externas (polución, salinidad, inundación, etc.).

#### 1.6.2.4.2. Características de la aparamenta de alta tensión.

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

El embarrado de las celdas estará dimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se puedan presentar.

Las celdas cuentan con un dispositivo de evacuación de gases que, en caso de arco interno, permite su salida hacia la parte trasera de la celda, evitando así su incidencia sobre las personas, cables o aparamenta del Centro de Transformación.

Los interruptores tienen tres posiciones: conectados, seccionados y puestos a tierra. Los mandos de actuación son accesibles desde la parte frontal, pudiendo ser accionados de forma manual o motorizada. Los enclavamientos pretenden que:

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



de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

En las celdas de protección, los fusibles se montan sobre unos carros que se introducen en los tubos porta-fusibles de resina aislante, que son perfectamente estancos respecto del gas y del exterior. El disparo se producirá por fusión de uno de los fusibles o cuando la presión interior de los tubos porta-fusibles se eleve, debido a un fallo en los fusibles o al calentamiento excesivo de éstos.

Las características generales de las celdas son las siguientes ( $U_n = 13,2$  kV):

- Tensión asignada: 24 kV.
- Tensión soportada a frecuencia industrial durante 1 minuto:
  - A tierra y entre fases: 50 kV.
  - A la distancia de seccionamiento: 60 kV.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo (valor de cresta):
  - A tierra y entre fases: 125 kV.
  - A la distancia de seccionamiento: 145 kV.

#### 1.6.2.4.3. Características de la aparatada de baja tensión.

El cuadro de baja tensión tipo UNESA posee en su zona superior un compartimento para la acometida del mismo, que se realiza a través de un pasamuros tetrapolar que evita la entrada de agua al interior. Dentro de este compartimento existen cuatro pletinas deslizantes que hacen la función de seccionador. Más abajo existe un compartimento que aloja exclusivamente el embarrado y los elementos de protección de cada circuito de salida. Esta protección se encomienda a fusibles dispuestos en bases trifásicas pero maniobradas fase a fase, pudiéndose realizar las maniobras de apertura y cierre en carga.





Cuando son necesarias más de cuatro salidas en B.T. se permite ampliar el cuadro reseñado mediante módulos de las mismas características, pero sin compartimento superior de acometida.

#### 1.6.2.4.4. Características de material vario de alta y baja tensión.

Se instalará un equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en las celdas de A.T.

#### 1.6.3. Medida de la Energía Eléctrica.

En centros de transformación tipo abonado la medida de energía eléctrica se realizara mediante un cuadro de contadores conectado al secundario de los transformadores de intensidad y de tensión de la celda de medida. En centros de distribución pública no se efectúa medida de energía en media tensión.

#### 1.6.4. Puesta a tierra.

##### 1.6.4.1. Tierra de protección.

Se conectarán a tierra todas las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente: envolventes de las celdas y cuadros de baja tensión, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc, así como la armadura del edificio. No se unirán las rejillas y puertas metálicas del centro si son accesibles desde el exterior. Las celdas dispondrán de una pletina de tierra que las interconectará, constituyendo el colector de tierras de protección.

La tierra interior de protección se realizará con cable de 50 mm<sup>2</sup> de cobre desnudo formando un anillo, y conectará a tierra los elementos descritos anteriormente.

##### 1.6.4.2. Tierra de servicio.

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en baja tensión, debido a faltas en la red de alta tensión, el neutro del sistema de baja tensión se conectará a una toma de tierra



independiente del sistema de alta tensión, de tal forma que no exista influencia de la red general de tierra.

La tierra interior de servicio se realizará con cable de 50 mm<sup>2</sup> de cobre aislado 0,6/1 kV.

#### 1.6.5. Instalaciones secundarias.

##### 1.6.5.1. Alumbrado.

En el interior del centro de transformación se instalará un mínimo de dos puntos de luz, capaces de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo. El nivel medio será como mínimo de 150 lux.

Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de tal forma que se mantenga la máxima uniformidad posible en la iluminación. Además, se deberá poder efectuar la sustitución de lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

El interruptor se situará al lado de la puerta de entrada, de forma que su accionamiento no represente peligro por su proximidad a la alta tensión.

El alumbrado de seguridad se especifica en el apartado 1.6.5.4.1.

##### 1.6.5.2. Protección contra incendios.

Si va a existir personal itinerante de mantenimiento por parte de la compañía suministradora no se exige que en el Centro de Transformación haya un extintor. En caso contrario, se incluirá un extintor de eficacia 89B.

La resistencia ante el fuego de los elementos delimitadores y estructurales será RF-240 y la clase de materiales de suelos, paredes y techos MO según Norma UNE 23727.



#### 1.6.5.3. Ventilación.

Para la evacuación del calor generado en el interior del Centro de Transformación deberá posibilitarse una circulación de aire.

Cuando se prevean transmisiones de calor en ambos sentidos de las paredes y/o techos que puedan perjudicar a los locales colindantes o al propio CT, deberán aislarse térmicamente estos cerramientos.

Las rejillas de ventilación deberán situarse en fachada, vía pública o patios interiores de manzana. Se construirán de modo que impidan el paso de pequeños animales, la entrada de agua de lluvia y los contactos accidentales con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.

La ventilación será natural. Para la renovación del aire en el interior del Centro de Transformación se establecerán huecos de ventilación que permitan la admisión de aire frío del exterior, situándose éstos en la parte inferior próxima a transformadores. La evacuación del aire caliente (en virtud de su menor densidad) se efectuará mediante salidas situadas en la parte superior del Centro de Transformación.

#### 1.6.5.4. Medidas de seguridad.

##### 1.6.5.4.1. Alumbrado de seguridad.

Se dispondrá un punto de luz de emergencia de carácter autónomo que señalará los accesos al Centro de Transformación y entrará en funcionamiento automáticamente ante un corte del servicio eléctrico. Tendrá una autonomía mínima de 2 horas, con nivel luminoso no inferior a 5 lux.

##### 1.6.5.4.2. Señalización de seguridad.

La puerta de acceso al Centro de Transformación llevará el Lema Corporativo y estará cerrada con llave.

Las puertas de acceso al Centro de Transformación y, cuando las hubiera, las pantallas de protección, llevarán



el cartel con la correspondiente señal triangular distintiva de riesgo eléctrico.

En un lugar bien visible del Centro de Transformación se situará un cartel con las instrucciones de primeros auxilios a prestar en caso de accidente.

Salvo que en los propios aparatos figuren las instrucciones de maniobra, en el Centro de Transformación en lugar bien visible, habrá un cartel con las citadas instrucciones y deberán estar dotados de bandeja o bolsa porta-documentos.

#### 1.6.5.4.3. Material de seguridad.

Las celdas dispondrán de una serie de enclavamientos funcionales que se describen a continuación:

- Sólo será posible cerrar el interruptor con el interruptor 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.

Las celdas de entrada y salida serán de aislamiento integral y corte en SF<sub>6</sub>, y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, evitando de esta forma la pérdida del suministro en los centros de transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del centro de transformación.



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

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

El diseño de las celdas impedirá la incidencia de los gases de escape, producidos en el caso de un arco interno, sobre los cables de media tensión y baja tensión. Por ello, esta salida de gases no debe estar enfocada en ningún caso hacia el foso de cables.

La instalación para el servicio propio del Centro de Transformación llevará un interruptor diferencial de alta sensibilidad.

Para realizar maniobras en A.T. el Centro de Transformación dispondrá de banqueta o alfombra aislante, guantes aislante y pértiga.

#### 1.6.6. Compensación de energía reactiva.

##### 1.6.6.1. Necesidad de la compensación de la energía reactiva.

Los elementos que producen, transforman y distribuyen la energía eléctrica (generadores síncronos, transformadores y líneas) tienen unas limitaciones en cuanto a la máxima potencia a entregar. Por este motivo, junto con las pérdidas innecesarias que provoca el consumo de energía reactiva, hacen que sea necesario realizar la compensación de reactiva de las instalaciones eléctricas. Desde el punto de vista del consumidor, la necesidad de la compensación se debe al hecho de que las compañías eléctricas penalizan su consumo.

Por lo tanto, la compensación de energía reactiva se traduce en las siguientes ventajas:



- Un aumento de la potencia disponible en el secundario del transformador. De este modo, una extensión eventual de la instalación puede realizarse sin tener que cambiar el transformador, y así posponer una inversión importante.
- Una disminución de las pérdidas por efecto Joule en el cable, aguasarriba de la compensación.
- Una disminución de la caída de tensión en los cables, aguasarriba de la compensación.
- Los dos últimos puntos permiten retardar el envejecimiento de los materiales y de las conexiones.

#### 1.6.6.2. Baterías de condensadores.

La componente reactiva de la potencia puede eliminarse fácilmente conectando condensadores en paralelo con la carga.

La potencia reactiva de los condensadores que se fabrican, especialmente para esta aplicación, se indica en kVAr para una tensión y frecuencia determinadas y vendrá dada por la expresión (0).

$$Q_c = 2\pi \cdot f \cdot C \cdot U^2 \quad (0)$$

En los condensadores se incluyen resistencias de descarga para reducir la tensión rápidamente cuando se desconectan del suministro de energía. La tensión debe ser inferior a 50 V en un minuto en baja tensión o en cinco minutos en el caso de media tensión. También pueden incluir fusibles y otros mecanismos de desconexión para ponerlos fuera de servicio en caso de que aparezca una sobretensión que pueda perforarlos.

#### 1.6.6.3. Criterios de compensación.

La compensación debe realizarse en aquellas instalaciones en las que se desea que la amortización del equipo sea lo más rápida posible.

En función de donde ubiquemos la batería de condensadores compensaremos unos sistemas u otros. A continuación se



exponen los diferentes sistemas de compensación, así como sus ventajas e inconvenientes.

#### 1.6.6.3.1. Compensación en alta tensión.

Los condensadores están agrupados en baterías en las subestaciones de MT/BT. Las baterías se conectan al juego de barras de MT utilizando un interruptor automático como protección.

Este sistema es imprescindible en el caso de querer compensar la potencia reactiva de los motores o aparatos de MT, y presenta la ventaja adicional de que los condensadores son, proporcionalmente, más económicos.

Por contra, la aparatenta auxiliar que requiere es más cara, y no descarga la instalación ni el transformador.

#### 1.6.6.3.2. Compensación en baja tensión.

Con esta solución, las pérdidas se reducen al máximo pero es más cara. Se utiliza, preferentemente, para cargas muy elevadas.

Las baterías pueden estar ubicadas en diferentes lugares:

- Compensación individual:

Es aconsejable en instalaciones en las que hay instalado un receptor de potencia superior a 25 kW y que permanezca en tensión durante la mayor parte de las horas de trabajo.

- Compensación por sectores:

Varios receptores están conectados a una misma batería de condensadores. Esta forma de compensación es aconsejable para las instalaciones donde un cierto número de receptores está simultáneamente en servicio.



– Compensación global:

La compensación de energía reactiva se agrupa en un único punto, por lo general en la subestación transformadora.

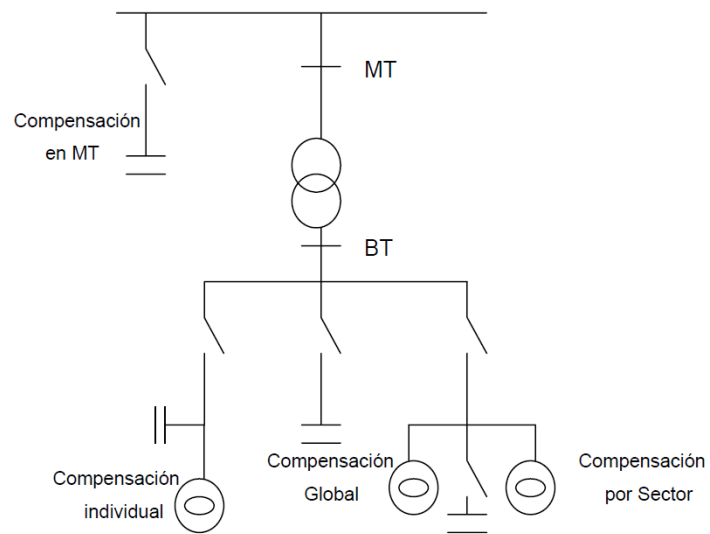


Figura 2. Compensación de reactiva 1





**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

## **2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.**





ÍNDICE:

|  |    |
|--|----|
| 2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....  | 45 |
| 2.1. INTENSIDAD DE MEDIA TENSIÓN.....                                  | 45 |
| 2.2. INTENSIDAD DE BAJA TENSIÓN.....                                   | 45 |
| 2.3. CORTOCIRCUITOS.....   | 46 |
| 2.3.1. Observaciones.....  | 46 |
| 2.3.2. Cortocircuitos en el lado de AT.....                            | 46 |
| 2.3.3. Cortocircuitos en lado de BT.....                               | 46 |
| 2.4. INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO DE CHOQUE.....                        | 47 |
| 2.4.1. Intensidad de cortocircuito de choque en el primario.....       | 47 |
| 2.4.2. Intensidad de cortocircuito de choque en el secundario.....     | 47 |
| 2.5. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.....                                   | 47 |
| 2.5.1. Comprobación por densidad de corriente.....                     | 48 |
| 2.5.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.....             | 48 |
| 2.5.3. Comprobación por sollicitación térmica.....                     | 51 |
| 2.6. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN....          | 51 |
| 2.6.1. Protección general en AT.....                                   | 52 |
| 2.6.2. Protección en BT.....   | 52 |
| 2.7. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CT.....                        | 53 |
| 2.8. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.....                            | 54 |
| 2.9. CALCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.....              | 54 |
| 2.9.1. Investigación de las características del suelo.....             | 54 |
| 2.9.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra..... | 54 |
| 2.9.3. Diseño preliminar de la instalación de tierra.....              | 55 |
| 2.9.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.....            | 56 |
| 2.9.5. Cálculo de las tensiones de paso interior de la instalación.... | 58 |



|  |    |
|--|----|
| 2.9.6. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.....          | 58 |
| 2.9.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.....                                 | 59 |
| 2.9.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.....           | 60 |
| 2.9.9. Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo..... | 61 |



## 2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.

### 2.1. INTENSIDAD DE MEDIA TENSIÓN.

La intensidad del primario de un transformador trifásico se corresponde con la expresión (1).

$$I_P = \frac{S}{U_P \cdot \sqrt{3}} \quad (1)$$

$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} I_P = \text{Intensidad nominal en el primario.} \\ S = \text{Potencia instalada.} \\ U_P = \text{Tensión nominal en el primario.} \end{array} \right\}$$

$$I_P = \frac{S}{U_P \cdot \sqrt{3}} = \frac{800 \text{ kVA}}{13,2 \text{ kV} \cdot \sqrt{3}} = 35 \text{ A}$$

La corriente total, del banco de transformadores en MT será dos veces la de cada transformador, es decir:

$$I_P = \frac{2 \cdot S}{U_P \cdot \sqrt{3}} = \frac{1600 \text{ kVA}}{13,2 \text{ kV} \cdot \sqrt{3}} = 69,982 \text{ A}$$

### 2.2. INTENSIDAD DE BAJA TENSIÓN.

Calculamos la corriente en el secundario de forma análoga al cálculo de la intensidad de media tensión, tal como se muestra en (2).

$$I_S = \frac{S_N - S_{Fe} - S_{Cu}}{U_P \cdot \sqrt{3}} \quad (2)$$

$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} I_S = \text{Intensidad nominal en el secundario.} \\ S_N = \text{Potencia instalada.} \\ S_{Fe} = \text{Potencia perdida en el hierro.} \\ S_{Cu} = \text{Potencia perdida en el cobre.} \\ U_P = \text{Tensión nominal en el secundario.} \end{array} \right\}$$

$$I_S = \frac{S_N - S_{Fe} - S_{Cu}}{U_P \cdot \sqrt{3}} = \frac{800 \cdot 10^3 - 2100 - 8370}{420 \text{ V} \cdot \sqrt{3}} = 1085,32 \text{ A}$$



## 2.3. CORTOCIRCUITOS.

### 2.3.1. Observaciones.

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se tiene en cuenta la potencia de cortocircuito de la red, valor proporcionado por la empresa distribuidora.

### 2.3.2. Cortocircuito en el lado de AT.

Para calcular la intensidad de cortocircuito en el lado de alta tensión recurriremos a la expresión (3).

$$I_{CCP} = \frac{S_{CC}}{U_P \cdot \sqrt{3}} \quad (3)$$

$$\rightarrow \begin{cases} I_{CCP} = \text{Intensidad de cortocircuito en el lado de AT.} \\ S_{CC} = \text{Potencia de cortocircuito de la red de AT.} \\ U_P = \text{Tensión nominal en el primario.} \end{cases}$$

La compañía suministradora nos proporciona el valor de la potencia de cortocircuito, equivalente a 350 MVA para una tensión de 13,2 kV, por lo que:

$$I_{CCP} = \frac{S_{CC}}{U_P \cdot \sqrt{3}} = \frac{350}{13,2 \cdot \sqrt{3}} = 15,31 \text{ kA}$$

### 2.3.3. Cortocircuito en el lado de BT.

De forma similar al cálculo de la corriente de cortocircuito en el lado de alta tensión podemos hacerlo en el lado de baja tensión siguiendo la expresión (4).

$$I_{CCS} = \frac{S_N}{U_S \cdot Z_{CC} \cdot \sqrt{3}} \quad (4)$$

$$\rightarrow \begin{cases} I_{CCS} = \text{Intensidad de cortocircuito en BT.} \\ S_N = \text{Potencia nominal del transformador.} \\ U_S = \text{Tensión nominal en el lado de BT del transformador.} \\ Z_{CC} = \text{Impedancia de cortocircuito del trafo respecto de } U_S. \end{cases}$$



Para la potencia nominal de 800 kVA, una tensión en el secundario de 420 V y una impedancia de cortocircuito del transformador del 6% tendremos:

$$I_{CCS} = \frac{S_N}{U_S \cdot Z_{CC} \cdot \sqrt{3}} = \frac{800 \text{ kVA}}{420 \cdot 0.06 \cdot \sqrt{3}} = 18,33 \text{ kA}$$

Cuando diseñemos el circuito de Baja Tensión debemos tener la precaución de que el interruptor automático de Baja Tensión soporte las corrientes de cortocircuito.

#### 2.4. INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO DE CHOQUE.

El valor eficaz de la corriente de cresta suele determinarse, de forma aproximada, como 1.8 veces el valor de la corriente eficaz de cortocircuito, por lo que el valor máximo de la corriente de cresta será, en cada lado del transformador, el calculado a continuación.

##### 2.4.1. Intensidad de cortocircuito de choque en el primario.

$$I_{s1} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{CCP} \quad (5)$$

$$I_{s1} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 15,31 \text{ kA} = 38,97 \text{ kA}$$

##### 2.4.2. Intensidad de cortocircuito de choque en el secundario.

$$I_{s2} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{CCS} \quad (6)$$

$$I_{s2} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 18,33 \text{ kA} = 46,66 \text{ kA}$$

#### 2.5. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.

Las características del embarrado son:

- Intensidad asignada: 400 A.
- Límite térmico (1 s): 16 kA eficaces.
- Límite electrodinámico: 40 kA cresta.

Por lo tanto, dicho embarrado, debe soportar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen permanente (comprobación por densidad de corriente), así como los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito.



### 2.5.1. Comprobación por densidad de corriente.

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

La densidad de corriente la calculamos a partir de la intensidad nominal máxima del embarrado (400 A), tal como se muestra en el cociente (7).

$$d = \frac{I}{S} \quad (7)$$

$$d = \frac{400}{274} = 1.46 \text{ A/mm}^2$$

El embarrado elegido cumple sobradamente con los requisitos de densidad de carga admisible puesto que soporta 2.99 A/mm<sup>2</sup> y tenemos 1.46 A/mm<sup>2</sup> de densidad de corriente en nuestro embarrado.

Por tanto, con lo calculado, queda demostrada la capacidad por densidad de corriente del embarrado de 400 A de intensidad nominal, para un incremento de temperatura máximo en el mismo de 30 °C sobre la temperatura ambiente (de 35°C a 65°C).

### 2.5.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La sollicitación mecánica obliga a que las corrientes de choque sean menores que 40 kA que es el límite electrodinámico que soporta nuestro embarrado. En nuestro caso queda en el límite al ser la corriente de choque del primario 38,97 kA, aunque no resultará un problema debido a que la forma en que hemos calculado dichas corrientes se ha basado en una sobreestimación de las mismas, por lo tanto, estamos dentro del margen de seguridad establecido.

La comprobación por sollicitación 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 fase.

Para realizar la comprobación por sollicitación electrodinámica del embarrado, supondremos el cortocircuito trifásico de valor máximo 16 kA eficaces y 40 kA de cresta.

En estas condiciones, y teniendo en cuenta que el esfuerzo mayor se produce sobre el conductor de la fase central, la fuerza resultante sobre dicho conductor puede determinarse, aproximadamente, según (8).

$$F = 13,85 \cdot 10^{-7} \cdot f \cdot \frac{I_{cc}^2}{d} \cdot L \cdot \left( \sqrt{\left(1 + \frac{d^2}{L^2}\right)} - \frac{d}{L} \right) \quad (8)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F = \text{Fuerza resultante en N.} \\ f = \text{coeficiente en función de } \cos\varphi, \text{ siendo } f = 1 \text{ para } \cos\varphi = 0. \\ I_{cc} = \text{Intensidad máxima de cortocircuito.} \\ d = \text{separación entre fases} = 0,2 \text{ m.} \\ L = \text{longitud tramos del embarrado} = 0,375 \text{ m.} \end{array} \right.$$

$$F = 13,85 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{16000^2}{0,2} \cdot 0,375 \cdot \left( \sqrt{\left(1 + \frac{0,2^2}{0,375^2}\right)} - \frac{0,2}{0,375} \right)$$

$$F = 398,88 \text{ N}$$

Si consideramos el esfuerzo uniformemente repartido a lo largo de todo el embarrado, se tendrá una carga unitaria dada por la relación (9).

$$q = \frac{F}{L} \quad (9)$$

$$q = \frac{398,88}{0,375} = 1063,68 \frac{\text{N}}{\text{m}} = 0,1085 \text{ kg/mm}$$

Puesto que podemos considerar que cada barra equivale a una viga empotrada en ambos extremos, el momento flector máximo será, de acuerdo con las ecuaciones clásicas de la Resistencia de Materiales, el definido en la ecuación (10).



$$M = \frac{q \cdot L^2}{12} \quad (10)$$

$$M = \frac{0.1085 \cdot 375^2}{12} = 1271.48 \text{ N} \cdot \text{mm} \approx 1,27 \text{ N} \cdot \text{m}$$

valor inferior al par de apriete aplicado en los tornillos M8 que es de 2,8 kg m, es decir, 27,44 N m.

La métrica de los tornillos estará relacionada con la carga axial de los mismos según se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5 - CARGA AXIAL DE TORNILLOS

| Tamaño del inserto | Carga axial |
|--------------------|-------------|
| M4                 | 350         |
| M5                 | 350         |
| M6                 | 500         |
| M8                 | 500         |
| M10                | 800         |
| M12                | 800         |

Por último comprobaremos que la fatiga producida es admisible. Calculamos primero el módulo resistente para una barra de sección tubular, siendo, para la barra que nos ocupa (d= diámetro interior 24 m, y D= diámetro exterior= 32 mm) siguiendo la fórmula (11).

$$W = \frac{\pi}{32} \cdot \left[ \frac{D^4 - d^4}{D} \right] \quad (11)$$

$$W = \frac{\pi}{32} \cdot \left[ \frac{32^4 - 24^4}{32} \right] = 2199.11 \text{ mm}^3$$

Ya que, según nos indica el fabricante, el espesor de la barra considerada de 3 mm.



Con ello, la fatiga máxima (se calcula como el cociente entre el momento flector máximo y el módulo resistente) viene dada por la relación (12).

$$S_{m\acute{a}x} = \frac{M_{m\acute{a}x}}{W} \tag{12}$$

$$S_{m\acute{a}x} = \frac{1270}{2199.11} = 0.578 \text{ kg/mm}^2$$

valor claramente inferior al que el fabricante nos indica como fatiga máxima admisible para la barra de cobre deformada en frío, de valor 19 kg/mm<sup>2</sup>. Además, el cumplimiento de esta magnitud tiene lugar con un margen de seguridad amplio.

### 2.5.3. Comprobación por sollicitación térmica.

La comprobación por sollicitación térmica en el cortocircuito consiste en comprobar si la sobreintensidad térmica durante el mismo (en el caso de Iberdrola, el tiempo a considerar es 1 segundo como máximo) es inferior a la admisible por la barra.

Para su cálculo utilizaremos fórmula (13).

$$t = \Delta\theta \cdot \left[ \frac{S \cdot \alpha}{I_{cc}} \right]^2 \tag{13}$$

$t$  = tiempo máximo que la barra soportaría el cortocircuito  
 $\Delta\theta$  = Incremento de temperatura para el conductor, se considera 150°C  
 $I_{cc}$  = Intensidad eficaz de cortocircuito, A.  
 $S$  = sección de la barra, mm<sup>2</sup>  
 $\alpha$  = constante que depende del material conductor. 13 para Cu y 8.5 para Al.

$$t = 150 \cdot \left[ \frac{274 \cdot 13}{16000} \right]^2 = 7.434s$$

Que es un tiempo muy superior al de las protecciones (que es de un segundo).

### 2.6. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.

Los transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En Alta tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a esos



transformadores, y en baja tensión la protección se incorpora en los cuadros de BT.

#### 2.6.1. Protección general en AT.

La protección general en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo estos los que efectúan la protección ante cortocircuitos.

Son limitadores de corriente produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá, por tanto, en función de la potencia total, que es de 1600 kVA. Por lo tanto, la intensidad nominal de los fusibles será de 125 A.

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

#### 2.6.2. Protección en BT.

En el circuito de baja tensión de cada transformador se instalará un Cuadro de Baja Tensión de cuatro salidas con posibilidad de ampliación. Se instalarán fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión, calculada anteriormente.

La descarga del transformador al cuadro de baja tensión se realizará con conductores XLPE 0,6/1 kV 240 mm<sup>2</sup> de Al unipolares instalados al aire cuya intensidad admisible a 40°C de temperatura ambiente es de 390 A.



Para cada transformador, cuya potencia es de 800 kVA y cuya intensidad en baja tensión se ha calculado anteriormente, se emplearán tres conductores por fase y dos para el neutro.

### 2.7. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CT.

La evacuación de calor generado en el interior del CT deberá eliminarse por medio de una circulación de aire. Cuando se prevean transmisiones de calor en ambos sentidos de las paredes y/o techos que puedan perjudicar al CT, deberán aislarse térmicamente esos cerramientos.

El cálculo de la superficie de la rejilla de entrada de aire en el edificio viene dado por (14).

$$S_r = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{0,24 \cdot K \cdot \sqrt{h} \cdot \Delta T^3} \tag{14}$$

Donde:

|            |   |
|------------|---|
| $W_{cu}$   | Pérdidas en el cobre del transformador [kW]   |
| $W_{fe}$   | Pérdidas en el hierro del transformador [kW]  |
| K          | Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada [aproximadamente entre 0,35 y 0,40] |
| $\Delta T$ | Aumento de temperatura del aire [°C]  |
| H          | Distancia vertical entre las rejillas de entrada y salida [m]                                     |
| $S_r$      | Superficie mínima de las rejillas de entrada [mm <sup>2</sup> ]                                   |

Para el caso particular de este edificio, el resultado obtenido es, aplicando la expresión anterior:

|            |   |
|------------|---|
| $W_{cu}$   | 2,1 [kW]  |
| $W_{fe}$   | 8,37 [kW]   |
| K          | 0,35 [peor de los casos]  |
| $\Delta T$ | 15 [°C]   |
| H          | 1 [m]   |
| $S_r$      | Superficie mínima de las rejillas de entrada [mm <sup>2</sup> ] |

$$S_r = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{0,24 \cdot K \cdot \sqrt{h} \cdot \Delta T^3} = \frac{2,1 + 8,37}{0,24 \cdot 0,35 \cdot \sqrt{1} \cdot 15^3} = 2,1455 \text{ m}^2$$



## 2.8. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.

No es necesario dimensionar pozo apagafuegos por tratarse de transformadores con aislamiento seco.

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

### 2.9.1. Investigación de las características del suelo.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determinará una resistividad media de  $300 \Omega\text{m}$ .

### 2.9.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra, y del tiempo máximo de eliminación del defecto.

En instalaciones de AT de tercera categoría, los parámetros de la red que intervienen en los cálculos de faltas a tierra son:

- Tipo de neutro:

El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra o a través de impedancia (resistencia o reactancia), lo cual producirá una limitación de las corrientes de falta a tierra.

- Tipo de protecciones en el origen de la línea:

Cuando se produce un defecto, éste es eliminado mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un relé de intensidad, el cual puede actuar en un tiempo fijo (relé de tiempo independiente), o según una curva de tipo inverso (relé de tiempo dependiente).

Asimismo pueden existir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a 0,5 s.

Para la eliminación del defecto tomaremos un relé de tiempo independiente de tiempo de extinción 0,7 s, sin reenganche.



Calculamos la intensidad de defecto máxima para el caso más extremo, el de  $R_t = 0$ , y puesta a tierra del neutro a través de impedancia  $R_n = 0 \Omega$ ,  $X_n = 10 \Omega$ ; según muestra (15).

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_N + R_t)^2 + X_n^2}} \quad (15)$$
$$I_d = \frac{13\,200}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0 + 0)^2 + 10^2}} = 762.1 \text{ A}$$

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

Para los cálculos a realizar se emplearán los procedimientos del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría", editado por UNESA.

– Tierra de protección:

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

– Tierra de servicio:

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador y la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Para la puesta a tierra de servicio se utilizarán picas en hilera de diámetro 14 mm. y longitud 2m., unidas mediante conductor desnudo de Cu de 50 mm<sup>2</sup> de sección. El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37  $\Omega$ .

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo se realizará con cable de Cu de 50 mm<sup>2</sup>, aislado



de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

#### 2.9.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

Las características de la red de alimentación son:

- Tensión de servicio:  $U=13200$  V.
- Intensidad de disparo de protecciones:  $I_a= 50$  A.
- Puesta de tierra del neutro a través de impedancia:  $R_n=0$   $\Omega$ ,  $X_n= 10$   $\Omega$ .
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión,  $U_{bt}= 10000$  V.
- Características del terreno:
  - Resistividad del terreno ( $\rho$ ): 300  $\Omega$ m.
  - Resistividad del hormigón ( $\rho_H$ ): 3000  $\Omega$ m
- TIERRA DE PROTECCIÓN:

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas ( $R_t$ ), la intensidad y tensión de defecto ( $I_d$ ,  $U_d$ ), se utilizarán las relaciones (16), (17) y (18).

- Resistencia del sistema de puesta a tierra:

$$R_t = K_r \cdot \rho \quad (16)$$

- Intensidad de defecto:

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_N + R_t)^2 + X_n^2}} \quad (17)$$

- Aumento del potencial de tierra:

$$U_d = R_t \cdot I_d \quad (18)$$





El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 80-40/8/88.
- Geometría: Anillo.
- Dimensiones (m): 8x4.
- Profundidad del electrodo: 0.8 m.
- Número de picas: 8.
- Longitud de las picas: 8 m.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia:  $K_r (\Omega/\Omega\text{m}) = 0.038$ .
- De la tensión de paso:  $K_p = 0.005$ .
- De la tensión de contacto exterior:  $K_c = 0.0111$ .

Sustituyendo los valores en las expresiones (16), (17) y (18) se tiene:

$$R_t = 0.038 \cdot 300 = 11.4 \Omega$$

$$I_d = \frac{13200}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0 + 11.4)^2 + 10^2}} = 502,574 \text{ A}$$

$$U_E = 11.4 \cdot 502,574 = 5729,34 \text{ V}$$

– TIERRA DE SERVICIO:

El electrodo adecuado tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 5/42.
- Geometría: Picas en hilera.
- Profundidad del electrodo: 0.5 m.
- Número de picas: 4.
- Longitud de las picas: 2 m.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia:  $K_r (\Omega/\Omega\text{m}) = 0.104$ .

Sustituyendo valores en (16):

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0.104 \cdot 300 = 31.2 \Omega$$



#### 2.9.5. Cálculo de las tensiones de paso interior de la instalación.

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0.30x0.30 m. Este mallazo se conectará, como mínimo, en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro. Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, estará sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

Asimismo, la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior. Calculamos la tensión de paso en el acceso tal como se muestra en (19).

$$U'_p(acc) = K_c \cdot \rho \cdot I_d \quad (19)$$

$$U'_p(acc) = 0.0111 \cdot 300 \cdot 502,574 = 1673.57 V$$

#### 2.9.6. 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 rejillas 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.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas. Por otra parte, la tensión de paso en el



exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según (20).

$$U'_p = K_p \cdot \rho \cdot I_d \quad (20)$$

$$U'_p = 0.005 \cdot 300 \cdot 502,574 = 753.86 \text{ V}$$

### 2.9.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.

Para la obtención de los valores máximos admisibles de la tensión de paso exterior y en el acceso, se utilizan las fórmulas (21), (22), y (23).

$$U_p = \frac{10 \cdot k}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot \rho_s}{1000}\right) \quad (21)$$

$$U_p(\text{acc}) = \frac{10 \cdot k}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot \rho_s + 3 \cdot \rho_H}{1000}\right) \quad (22)$$

$$t = t' + t'' \quad (23)$$

Siendo:

$$\left. \begin{array}{l} U_p = \text{Tensión de paso admisible en el exterior.} \\ U_p(\text{acc}) = \text{Tensión en el acceso admisible.} \\ k, n = \text{Constantes según MIE - RAT 13, dependen de } t. \\ t = \text{Tiempo de duración de la falta.} \\ t' = \text{Tiempo de desconexión inicial.} \\ t'' = \text{Tiempo de la segunda desconexión.} \\ \rho = \text{Resistividad del terreno.} \\ \rho_H = \text{Resistividad del hormigón.} \end{array} \right\} \begin{array}{l} t = 0.7 \text{ s} \\ t' = 0.7 \text{ s} \\ t'' = 0 \text{ s} \\ \rho = 300 \Omega\text{m} \\ \rho_H = 3000 \Omega\text{m} \end{array}$$

$$U_p = 10 \cdot 102.86 \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 300}{1000}\right) = 2880 \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot 102.86 \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot 300 + 3 \cdot 3000}{1000}\right) = 11\,211.43 \text{ V}$$

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 6 la tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso, mientras que en la Tabla 7 se muestran la tensión e intensidad de defecto.



Tabla 6 - CÁLCULOS DE TIERRAS (PROTECCIÓN DE PERSONAS)

|                       | Concepto                       | Valor calculado                        | Condición | Valor admisible                          |
|-----------------------|--------------------------------|--|-----------|--|
| Seguridad de personas | Tensión de paso en el exterior | $U'p= 753.86 \text{ V}$                | $\leq$    | $U_p= 2880 \text{ V}$                    |
|                       | Tensión de paso en el acceso   | $U'p \text{ (acc)}= 1673.57 \text{ V}$ | $\leq$    | $U_p \text{ (acc)} = 11211.43 \text{ V}$ |

Tabla 7 - CÁLCULO DE TIERRAS (TENSIÓN E INTENSIDAD DE DEFECTO)

|                                       | Concepto                        | Valor calculado           | Condición | Valor admisible          |
|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|-----------|--------------------------|
| Protección de la instalación          | Aumento del potencial de tierra | $U_d= 5729.34 \text{ V}$  | $\leq$    | $U_{bt}=10000 \text{ V}$ |
| Limitación de la corriente de defecto | Intensidad de defecto           | $I_d = 502.574 \text{ A}$ | $>$       | $I_a=50 \text{ A}$       |

### 2.9.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio para su reducción o eliminación.

No obstante, para 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 entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio que se corresponderá con (24).

$$D_{\min} = \frac{\rho \cdot I_d}{2000 \cdot \pi} \quad (24)$$

$$\begin{cases} \rho = \text{Resistividad del terreno en } \Omega \cdot m \\ I_d = \text{Intensidad de defecto en A} \end{cases}$$

$$D_{\min} = \frac{300 \cdot 502.74}{2000 \cdot \pi} = 24 \text{ m.}$$



La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo de servicio se realizará con cable de Cu de 50 mm<sup>2</sup>, aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de siete como mínimo.

#### 2.9.9. Corrección y ajuste del diseño inicial, estableciendo el definitivo.

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado según se pone de manifiesto en el apartado 2.9.7. ya que cumple todas las medidas de seguridad.





**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

### **3. PLIEGO DE CONDICIONES**







## Condiciones Generales

|  |    |
|--|----|
| 1. OBJETO.....                               | 67 |
| 2. CAMPO DE APLICACION.....                  | 67 |
| 3. DISPOSICIONES GENERALES.....              | 67 |
| 3.1. CONDICIONES FACULTATIVAS LEGALES.....   | 67 |
| 3.2. SEGURIDAD EN EL TRABAJO.....            | 68 |
| 3.3. SEGURIDAD PUBLICA.....                  | 69 |
| 4. ORGANIZACION DEL TRABAJO.....             | 69 |
| 4.1. DATOS DE LA OBRA.....                   | 70 |
| 4.2. REPLANTEO DE LA OBRA.....               | 70 |
| 4.3. MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO..... | 71 |
| 4.4. RECEPCION DEL MATERIAL.....             | 71 |
| 4.5. ORGANIZACION.....                       | 71 |
| 4.6. FACILIDADES PARA LA INSPECCION.....     | 72 |
| 4.7. ENSAYOS.....                            | 72 |
| 4.8. LIMPIEZA Y SEGURIDAD EN LAS OBRAS.....  | 72 |
| 4.9. MEDIOS AUXILIARES.....                  | 73 |
| 4.10. EJECUCION DE LAS OBRAS.....            | 73 |
| 4.11. SUBCONTRATACION DE OBRAS.....          | 73 |
| 4.12. PLAZO DE EJECUCION.....                | 74 |
| 4.13. RECEPCION PROVISIONAL.....             | 74 |
| 4.14. PERIODOS DE GARANTIA.....              | 75 |
| 4.15. RECEPCION DEFINITIVA.....              | 75 |
| 4.16. PAGO DE OBRAS.....                     | 76 |
| 4.17. ABONO DE MATERIALES ACOPIADOS.....     | 76 |
| 5. DISPOSICION FINAL.....                    | 77 |



## Condiciones Técnicas para la Obra Civil y Montaje de Centros de Transformación de Interior no prefabricados

|   |    |
|---|----|
| 1. OBJETO.....  | 78 |
| 2. OBRA CIVIL.....                                    | 78 |
| 2.1. EMPLAZAMIENTO.....                               | 78 |
| 2.2. EXCAVACION.....                                  | 78 |
| 2.3. CIMIENTOS.....                                   | 79 |
| 2.4. FORJADOS.....                                    | 79 |
| 2.5. MUROS O TABIQUES EXTERIORES.....                 | 80 |
| 2.6. TABIQUES INTERIORES.....                         | 80 |
| 2.7. ACABADOS.....                                    | 81 |
| 2.8. EVACUACION Y EXTINCION DEL ACEITE AISLANTE.....  | 82 |
| 2.9. VENTILACION.....                                 | 82 |
| 2.10. PUERTAS.....                                    | 83 |
| 3. INSTALACION ELECTRICA.....                         | 83 |
| 3.1. APARAMENTA A.T.....                              | 83 |
| 3.2. TRANSFORMADORES.....                             | 86 |
| 3.3. EQUIPOS DE MEDIDA.....                           | 86 |
| 3.4. ACOMETIDAS SUBTERRANEAS.....                     | 87 |
| 3.5. ALUMBRADO.....                                   | 88 |
| 3.6. PUESTAS A TIERRA.....                            | 88 |
| 4. NORMAS DE EJECUCION DE LAS INSTALACIONES.....      | 89 |
| 5. PRUEBAS REGLAMENTARIAS.....                        | 90 |
| 6. CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD..... | 90 |
| 6.1. PREVENCIONES GENERALES.....                      | 90 |
| 6.2. PUESTA EN SERVICIO.....                          | 92 |
| 6.3. SEPARACION DE SERVICIO.....                      | 92 |
| 6.4. MANTENIMIENTO.....                               | 92 |
| 7. CERTIFICADOS.....                                  | 93 |
| 8. LIBRO DE ORDENES                                   | 93 |
| 9. RECEPCIÓN DE LA OBRA                               | 93 |



## Condiciones Generales.

### 1. OBJETO.

Este Pliego de Condiciones determina los requisitos a los que se debe ajustar la ejecución de instalaciones para la distribución de energía eléctrica cuyas características técnicas estarán especificadas en el correspondiente Proyecto.

### 2. CAMPO DE APLICACION.

Este Pliego de Condiciones se refiere a la construcción de centros de transformación.

### 3. DISPOSICIONES GENERALES.

El Contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 24042 “Contratación de Obras. Condiciones Generales”.

El Contratista deberá estar clasificado, según Orden del Ministerio de Hacienda, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondientes al Proyecto y que se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares, en caso de que proceda. Igualmente deberá ser Instalador, provisto del correspondiente documento de calificación empresarial.

#### 3.1. CONDICIONES FACULTATIVAS LEGALES.

Las obras del Proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se regirán por lo especificado en:

- Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.
- Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos que sea procedente su aplicación al contrato de que se trate.
- Real Decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, así



como las Ordenes de 6 de julio de 1984, de 18 de octubre de 1984 y de 27 de noviembre de 1987, por las que se aprueban y actualizan las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre dicho reglamento.

- Real Decreto 223/2008 de 15 de Febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus ITC.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, así como sus modificaciones posteriores.
- Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Energía Eléctrica.
- Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- El Real Decreto 1109/2007, de 24 agosto, por el que se desarrolla la ley 332/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción.
- El Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.

### 3.2. SEGURIDAD EN EL TRABAJO.

El Contratista está obligado a cumplir las condiciones que se indican en el apartado “j” del párrafo 3.1. de este Pliego de Condiciones y cuantas en esta materia fueran de pertinente aplicación.

Asimismo, deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal; los metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc., que se utilicen no deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas



y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en suelas.

El personal de la Contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, banqueta aislante, etc., pudiendo el Director de Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

### 3.3. SEGURIDAD PUBLICA.

El Contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El Contratista mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc., que en uno y otro pudieran incurrir para el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

### 4. ORGANIZACION DEL TRABAJO.

El Contratista ordenará los trabajos en la forma más eficaz para la perfecta ejecución de los mismos y las obras se realizarán siempre



siguiendo las indicaciones del Director de Obra, al amparo de las condiciones siguientes:

#### 4.1. DATOS DE LA OBRA.

Se entregará al Contratista una copia de los planos y pliegos de condiciones del Proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la Obra.

El Contratista podrá tomar nota o sacar copia a su costa de la Memoria, Presupuesto y Anexos del Proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

El Contratista se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al Director de Obra después de su utilización.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses, después de la terminación de los trabajos, el Contratista deberá actualizar los diversos planos y documentos existentes, de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al Director de Obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el Contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones o variaciones sustanciales en los datos fijados en el Proyecto, salvo aprobación previa por escrito del Director de Obra.

#### 4.2. REPLANTEO DE LA OBRA.

El Director de Obra, una vez que el Contratista esté en posesión del Proyecto y antes de comenzar las obras, deberá hacer el replanteo de las mismas, con especial atención en los puntos singulares, entregando al Contratista las referencias y datos necesarios para fijar completamente la ubicación de los mismos.

Se levantará por duplicado Acta, en la que constarán, claramente, los datos entregados, firmado por el Director de Obra y por el representante del Contratista.

Los gastos de replanteo serán de cuenta del Contratista.



#### 4.3. MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO.

No se considerarán como mejoras ni variaciones del Proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por escrito por el Director de Obra y convenido precio antes de proceder a su ejecución.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del Contratista.

#### 4.4. RECEPCION DEL MATERIAL.

El Director de Obra, de acuerdo con el Contratista, dará a su debido tiempo su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta.

La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del Contratista.

#### 4.5. ORGANIZACION.

El Contratista actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades correspondientes y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente están establecidas, y en general, a todo cuanto se legisle, decrete u ordene sobre el particular antes o durante la ejecución de la obra.

Dentro de lo estipulado en el Pliego de Condiciones, la organización de la Obra, así como la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo del Contratista a quien corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes.

El Contratista deberá, sin embargo, informar al Director de Obra de todos los planes de organización técnica de la Obra, así como de la procedencia de los materiales y cumplimentar cuantas órdenes le de éste en relación con datos extremos.

En las obras por administración, el Contratista deberá dar cuenta diaria al Director de Obra de la admisión de personal, compra de materiales, adquisición o alquiler de elementos auxiliares y cuantos gastos haya de efectuar.



Para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares, cuyos salarios, precios o cuotas sobrepasen en más de un 5% de los normales en el mercado, solicitará la aprobación previa del Director de Obra, quien deberá responder dentro de los ocho días siguientes a la petición, salvo casos de reconocida urgencia, en los que se dará cuenta posteriormente.

#### 4.6. FACILIDADES PARA LA INSPECCION.

El Contratista proporcionará al Director de Obra o Delegados y colaboradores, toda clase de facilidades para los replanteos, reconocimientos, mediciones y pruebas de los materiales, así como la mano de obra necesaria para los trabajos que tengan por objeto comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas, permitiendo el acceso a todas las partes de la obra e incluso a los talleres o fábricas donde se produzcan los materiales o se realicen trabajos para las obras.

#### 4.7. ENSAYOS.

Los ensayos, análisis y pruebas que deban realizarse para comprobar si los materiales reúnen las condiciones exigibles, se verificarán por la Dirección Técnica, o bien, si ésta lo estima oportuno, por el correspondiente Laboratorio Oficial.

Todos los gastos de pruebas y análisis serán de cuenta del Contratista.

#### 4.8. LIMPIEZA Y SEGURIDAD EN LAS OBRAS.

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus inmediaciones de escombros y materiales, y hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean precisas, así como adoptar las medidas y ejecutar los trabajos necesarios para que las obras ofrezcan un buen aspecto a juicio de la Dirección técnica.

Se tomarán las medidas oportunas de tal modo que durante la ejecución de las obras se ofrezca seguridad absoluta, en evitación de accidentes que puedan ocurrir por deficiencia en esta clase de precauciones; durante la noche estarán los puntos de trabajo





perfectamente alumbrados y cercados los que por su índole fueran peligrosos.

#### 4.9. MEDIOS AUXILIARES.

No se abonarán en concepto de medios auxiliares más cantidades que las que figuren explícitamente consignadas en presupuesto, entendiéndose que en todos los demás casos el costo de dichos medios está incluido en los correspondientes precios del presupuesto.

#### 4.10. EJECUCION DE LAS OBRAS.

Las obras se ejecutarán conforme al Proyecto y a las condiciones contenidas en este Pliego de Condiciones y en el Pliego Particular si lo hubiera y de acuerdo con las especificaciones señaladas en el de Condiciones Técnicas.

El Contratista, salvo aprobación por escrito del Director de Obra, no podrá hacer ninguna alteración o modificación de cualquier naturaleza tanto en la ejecución de la obra en relación con el Proyecto como en las Condiciones Técnicas especificadas, sin perjuicio de lo que en cada momento pueda ordenarse por el Director de Obra a tenor de lo dispuesto en el último párrafo del apartado 4.1.

El Contratista no podrá utilizar en los trabajos personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo lo indicado en el apartado 4.3.

Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo.

El Contratista deberá tener al frente de los trabajos un técnico suficientemente especializado a juicio del Director de Obra.

#### 4.11. SUBCONTRATACION DE LAS OBRAS.

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que de su naturaleza y condiciones se deduzca que la Obra ha de ser ejecutada directamente por el adjudicatario, podrá éste concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra.



La celebración de los subcontratos estará sometida al cumplimiento de los siguientes requisitos:

- a) Que se dé conocimiento por escrito al Director de Obra del subcontrato a celebrar, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas, a fin de que aquél lo autorice previamente.
- b) Que las unidades de obra que el adjudicatario contrate con terceros no exceda del 50% del presupuesto total de la obra principal.

En cualquier caso el Contratista no quedará vinculado en absoluto ni reconocerá ninguna obligación contractual entre él y el subcontratista y cualquier subcontratación de obras no eximirá al Contratista de ninguna de sus obligaciones respecto al Contratante.

#### 4.12. PLAZO DE EJECUCION.

Los plazos de ejecución, total y parciales, indicados en el contrato, se empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo.

El Contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalen en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables.

No obstante lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser objeto de modificaciones cuando así resulte por cambios determinados por el Director de Obra debidos a exigencias de la realización de las obras y siempre que tales cambios influyan realmente en los plazos señalados en el contrato.

Si por cualquier causa, ajena por completo al Contratista, no fuera posible empezar los trabajos en la fecha prevista o tuvieran que ser suspendidos una vez empezados, se concederá por el Director de Obra, la prórroga estrictamente necesaria.

#### 4.13. RECEPCION PROVISIONAL.

Una vez terminadas las obras y a los quince días siguientes a la petición del Contratista se hará la recepción provisional de las mismas por el Contratante, requiriendo para ello la presencia del



Director de Obra y del representante del Contratista, levantándose la correspondiente Acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si este es el caso. Dicho Acta será firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista, dándose la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con las especificaciones dadas en el Pliego de Condiciones Técnicas y en el Proyecto correspondiente, comenzándose entonces a contar el plazo de garantía.

En el caso de no hallarse la Obra en estado de ser recibida, se hará constar así en el Acta y se darán al Contratista las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución. Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento. Las obras de reparación serán por cuenta y a cargo del Contratista. Si el Contratista no cumpliera estas prescripciones podrá declararse rescindido el contrato con pérdida de la fianza.

La forma de recepción se indica en el Pliego de Condiciones Técnicas correspondiente.

#### 4.14. PERIODOS DE GARANTÍA.

El periodo de garantía será el señalado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de Recepción.

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista es responsable de la conservación de la Obra, siendo de su cuenta y cargo las reparaciones por defectos de ejecución o mala calidad de los materiales.

Durante este periodo, el Contratista garantizará al Contratante contra toda reclamación de terceros, fundada en causa y por ocasión de la ejecución de la Obra.

#### 4.15. RECEPCION DEFINITIVA.

Al terminar el plazo de garantía señalado en el contrato o en su defecto a los seis meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras, con la concurrencia del Director de Obra y del representante del Contratista levantándose el Acta



correspondiente, por duplicado (si las obras son conformes), que quedará firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista y ratificada por el Contratante y el Contratista.

#### 4.16. PAGO DE OBRAS.

El pago de obras realizadas se hará sobre Certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas Certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran. La relación valorada que figure en las Certificaciones, se hará con arreglo a los precios establecidos, reducidos en un 10% y con la cubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación.

Serán de cuenta del Contratista las operaciones necesarias para medir unidades ocultas o enterradas, si no se ha advertido al Director de Obra oportunamente para su medición, los gastos de replanteo, inspección y liquidación de las mismas, con arreglo a las disposiciones vigentes, y los gastos que se originen por inspección y vigilancia facultativa, cuando la Dirección Técnica estime preciso establecerla.

La comprobación, aceptación o reparos deberán quedar terminadas por ambas partes en un plazo máximo de quince días.

El Director de Obra expedirá las Certificaciones de las obras ejecutadas que tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, rectificables por la liquidación definitiva o por cualquiera de las Certificaciones siguientes, no suponiendo por otra parte, aprobación ni recepción de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas Certificaciones.

#### 4.17. ABONO DE MATERIALES ACOPIADOS.

Cuando a juicio del Director de Obra no haya peligro de que desaparezca o se deterioren los materiales acopiados y reconocidos como útiles, se abonarán con arreglo a los precios descompuestos de la adjudicación. Dicho material será indicado por el Director de Obra que lo reflejará en el Acta de recepción de Obra, señalando el plazo de entrega en los lugares previamente indicados. El Contratista será



responsable de los daños que se produzcan en la carga, transporte y descarga de este material.

La restitución de las bobinas vacías se hará en el plazo de un mes, una vez que se haya instalado el cable que contenían. En caso de retraso en su restitución, deterioro o pérdida, el Contratista se hará también cargo de los gastos suplementarios que puedan resultar.

#### **5. DISPOSICION FINAL.**

La concurrencia a cualquier Subasta, Concurso o Concurso-Subasta cuyo Proyecto incluya el presente Pliego de Condiciones Generales, presupone la plena aceptación de todas y cada una de sus cláusulas.



## Condiciones Técnicas para la Obra Civil y Montaje de Centros de Transformación de Interior no prefabricados

### 1. OBJETO.

Este Pliego de Condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de construcción y montaje de centros de transformación, así como de las condiciones técnicas del material a emplear.

### 2. OBRA CIVIL.

Corresponde al Contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

#### 2.1. EMPLAZAMIENTO.

El lugar elegido para la instalación del centro debe permitir la colocación y reposición de todos los elementos del mismo, concretamente los que son pesados y grandes, como transformadores. Los accesos al centro deben tener la dimensiones adecuadas para permitir el paso de dichos elementos.

El emplazamiento del centro debe ser tal que esté protegido de inundaciones y filtraciones.

En el caso de terrenos inundables el suelo del centro debe estar, como mínimo, 0,20 m por encima del máximo nivel de aguas conocido, o si no al centro debe proporcionársele una estanquidad perfecta hasta dicha cota.

El local que contiene el centro debe estar construido en su totalidad con materiales incombustibles.

#### 2.2. EXCAVACION.

Se efectuará la excavación con arreglo a las dimensiones y características del centro y hasta la cota necesaria indicada en el Proyecto.

La carga y transporte a vertedero de las tierras sobrantes será por cuenta del Contratista.



### 2.3. CIMIENTOS.

Se realizará de acuerdo con las características del centro. Si la obra se fabrica en ladrillo, tendrá normalmente una profundidad de 0,60 m. Esta podrá reducirse cuando el centro se construya sobre un terreno rocoso. Por el contrario, si la consistencia del terreno lo exige, se tomarán las medidas convenientes para que quede asegurada la estabilidad de la edificación.

### 2.4. FORJADOS.

Los suelos serán de hormigón armado y estarán provistos para las cargas fijas y rodantes que implique el material.

Para el cálculo del forjado del pavimento del CT, deberá considerarse una sobrecarga móvil de 3500 kg/m<sup>2</sup>.

Asimismo cuando el transformador deba desplazarse por forjados ajenos al CT, deberá indicarse igualmente una sobrecarga de 3500 kg y establecer un sistema de reparto de cargas.

En el caso de CT subterráneos, el valor mínimo de sobrecarga a considerar en el cálculo del forjado de la cubierta, será el indicado en el apartado 5.4.2 de la Norma UNE-EN 61330.

Salvo en los casos que el centro disponga del pavimento adecuado, se formará una solera de hormigón con mallazo de reparto con retícula de luz máxima 15 cm, apoyada sobre las fundaciones y descansando sobre una base de grava. El hormigón estará dosificado a razón de 250 kg/m<sup>2</sup>.

Si el acceso de la aparatada eléctrica y materiales se efectúa a través de trampillas situadas debajo de un

forjado, y la cota de éste respecto a dichas trampillas es inferior a 4 m, deberá disponerse de un gancho debidamente anclado en el forjado dimensionado para una carga puntual de 5000 kg, de forma que permita la utilización de un elemento mecánico de elevación.

Se preverán, en los lugares apropiados del centro, orificios para el paso del interior al exterior de la caseta de los cables destinados a la toma de tierra de masas y del neutro B.T. de los transformadores, así



como cables de B.T. y M.T. Los orificios estarán inclinados y desembocarán hacia el exterior a una profundidad de 0,40 m del suelo como mínimo.

También se preverán los agujeros de empotramiento para herrajes del equipo eléctrico y el emplazamiento de los carriles de rodamiento de los transformadores. Asimismo se tendrán en cuenta los pozos de aceite, sus conductos de drenaje, las tuberías para conductores de tierra, registros para tomas de tierra y canales para los cables M.T. y B.T.

En los lugares de paso, los canales estarán cubiertos por losas amovibles.

#### 2.5. MUROS O TABIQUES EXTERIORES.

Los muros podrán ser de hormigón armado, prefabricado de hormigón (constituidos por paneles convenientemente ensamblados, o bien formando un conjunto con la cubierta y la solera) o fábrica de ladrillo.

Presentarán una resistencia mecánica adecuada a la instalación, pero como mínimo equivalente a la de los siguientes espesores, en función del material:

- Hormigón armado o elementos prefabricados 8 cm.
- Fabrica de ladrillo macizo 22 cm.
- Pilares angulares de hormigón armado y ladrillos huecos 15 cm.

En los CT subterráneos, los muros irán impermeabilizados exteriormente con pintura bituminosa y provistos de pantalla drenante.

#### 2.6. TABIQUES INTERIORES.

Serán de ladrillo o de hormigón armado. Presentarán la suficiente resistencia en función de su uso, pero como mínimo, la equivalente a la de los espesores de las siguientes paredes:

- Tabique de ladrillo macizo sin marco metálico 15 cm.
- Tabique de ladrillo macizo encerrado en marco metálico 5 cm.
- Tabique de hormigón armado 5 cm.





Los tabiques se construirán de forma que sus cantos queden terminados con perfiles U empotrados en los muros y en el suelo.

Al ejecutar los tabiques se tomarán las disposiciones convenientes para prever los emplazamientos de los herrajes y/o el paso de canalizaciones.

## 2.7. ACABADOS.

### Paramentos interiores

Si la obra es de fábrica de ladrillo, estarán revestidos interiormente con mortero de cemento y arena lavada de dosificación 1:4 con aditivo hidrófugo en masa, fratasado.

Cuando la obra sea de hormigón armado, si es necesario, después del desencofrado se realizará un enlucido idéntico al anterior.

En los tabiques, los orificios para empotramiento se efectuarán antes de dar el enlucido.

El acabado final será pintado, prohibiéndose los enlucidos de yeso.

### Paramentos exteriores

Cuando sean vistos, como norma general se realizarán de acuerdo con el resto del edificio.

Normalmente será un acabado liso y preparado para ser recubierto por pinturas de la debida calidad y del color que mejor se adapte al medio ambiente.

Cualquier otra terminación: canto rodado, recubrimientos especiales, etc. podrá ser aceptada y se fijará de común acuerdo entre el peticionario y la compañía suministradora, teniendo en cuenta las consideraciones de orden eléctrico y otras relaciones de explotación y mantenimiento del centro.



### Pavimentos

Serán de mortero de cemento continuo, bruñido y ruleteado, con el fin de evitar la formación de polvo, y será resistente a la abrasión.

El mortero estará dosificado a razón de 600 kg/m<sup>2</sup>. Se prohíbe el empleo de la arena de escorias.

El empotramiento de herrajes, colocación de tubos, registros, canalizaciones de cables, etc, se efectuará antes de realizar el pavimento.

### Elementos metálicos

Todos los elementos metálicos que intervengan en la construcción del CT y puedan estar sometidos a oxidación, deberán estar protegidos mediante un tratamiento adecuado como galvanizado en caliente, pintura oxidante, etc.

### 2.8. EVACUACION Y EXTINCION DEL ACEITE AISLANTE.

Las paredes y techos de las celdas que han de alojar aparatos con baño de aceite, deberán estar construidas con materiales resistentes al fuego, que tengan la resistencia estructural adecuada para las condiciones de empleo.

Con el fin de permitir la evacuación y extinción del aceite aislante, se preverán pozos con revestimiento estanco, teniendo en cuenta el volumen de aceite que puedan recibir. En todos los pozos se preverán apagafuegos superiores, tales como lechos de guijarros de 5 cm de diámetro aproximadamente, sifones en caso de varios pozos con colector único, etc. Se recomienda que los pozos sean exteriores a la celda y, además, inspeccionables.

### 2.9. VENTILACION.

Los locales estarán provistos de ventilación para evitar la condensación y, cuando proceda, refrigerar los transformadores.

Normalmente se recurrirá a la ventilación natural, aunque en casos excepcionales podrá utilizarse también la ventilación forzada.



Cuando se trate de ubicaciones de superficie, se empleará una o varias tomas de aire del exterior, situadas a 0,20 m. del suelo como mínimo, y en la parte opuesta una o varias salidas, situadas lo más altas posible.

En ningún caso las aberturas darán sobre locales a temperatura elevada o que contengan polvo perjudicial, vapores corrosivos, líquidos, gases, vapores o polvos inflamables.

Todas las aberturas de ventilación estarán dispuestas y protegidas de tal forma que se garantice un grado de protección mínimo de personas contra el acceso a zonas peligrosas, contra la entrada de objetos sólidos extraños y contra la entrada del agua IP23D, según Norma UNE-EN 61330.

#### 2.10. PUERTAS.

Las puertas de acceso al centro desde el exterior serán incombustibles y suficientemente rígidas; abrirán hacia afuera de forma que puedan abatirse sobre el muro de fachada.

### 3. INSTALACION ELECTRICA.

#### 3.1. APARAMENTA A.T.

Las celdas empleadas serán prefabricadas, con envolvente metálica y tipo "modular". De esta forma, en caso de avería, será posible retirar únicamente la celda dañada, sin necesidad de desaprovechar el resto de las funciones.

Utilizarán el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) como elemento de corte y extinción. El aislamiento integral en SF<sub>6</sub> confiere a la aparamenta sus características de resistencia al medio ambiente, bien sea a la polución del aire, a la humedad, o incluso a la eventual sumersión del centro de transformación por efecto de riadas. Por ello, esta característica es esencial especialmente en las zonas con alta polución, en las zonas con clima agresivo (costas marítimas y zonas húmedas) y en las zonas más expuestas a riadas o entrada de agua en el centro. El corte en SF<sub>6</sub> resulta también más seguro que el aire, debido a lo expuesto anteriormente.



Las celdas empleadas deberán permitir la extensibilidad in situ del centro de transformación, de forma que sea posible añadir más líneas o cualquier otro tipo de función, sin necesidad de cambiar la aparamenta previamente existente en el centro.

Las celdas podrán incorporar protecciones del tipo autoalimentado, es decir, que no necesitan imperativamente alimentación. Igualmente, estas protecciones serán electrónicas, dotadas de curvas CEI normalizadas (bien sean normalmente inversas, muy inversas o extremadamente inversas), y entrada para disparo por termostato sin necesidad de alimentación auxiliar.

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 puesta a tierra será un único aparato, de tres posiciones (cerrado, abierto y puesto a tierra), asegurando así la imposibilidad de cierre simultáneo del interruptor y seccionador de puesta a tierra.

La posición de seccionador abierto y seccionador de puesta a tierra cerrado serán visibles directamente a través de mirillas, a fin de conseguir una máxima seguridad de explotación en cuanto a la protección de personas se refiere.

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

- Compartimento de aparellaje. Estará relleno de SF<sub>6</sub> y sellado de por vida. 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). 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.



- Compartimento del juego de barras. Se compondrá de tres barras aisladas conexas mediante tornillos.
- Compartimento de conexión de cables. Se podrán conectar cables secos y cables con aislamiento de papel impregnado. Las extremidades de los cables serán simplificadas para cables secos y termo-retráctiles para cables de papel impregnado.
- Compartimento de mando. Contiene los mandos del interruptor y del seccionador de puesta a tierra, así como la señalización de presencia de tensión. Se podrán montar en obra motorizaciones, bobinas de cierre y/o apertura y contactos auxiliares si se requieren posteriormente.
- Compartimento de control. En el caso de mandos motorizados, este compartimento estará equipado de bornas de conexión y fusibles de baja tensión. En cualquier caso, este compartimento será accesible con tensión, tanto en barras como en los cables.

Las características generales de las celdas son las siguientes, en función de la tensión nominal ( $U_n$ ):

$U_n \leq 20$  kV

- Tensión asignada: 24 kV
- Tensión soportada a frecuencia industrial durante 1 minuto:
  - A tierra y entre fases: 50 kV
  - A la distancia de seccionamiento: 60 kV.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo (valor de cresta):
  - A tierra y entre fases: 125 kV
  - A la distancia de seccionamiento: 145 kV.

$20$  kV  $\leq U_n \leq 30$  kV

- Tensión asignada: 36 kV
- Tensión soportada a frecuencia industrial durante 1 minuto:
  - A tierra y entre fases: 70 kV
  - A la distancia de seccionamiento: 80 kV.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo (valor de cresta):
  - A tierra y entre fases: 170 kV
  - A la distancia de seccionamiento: 195 kV.



### 3.2. TRANSFORMADORES.

El transformador o transformadores serán trifásicos, con neutro accesible en el secundario, refrigeración natural, en baño de aceite preferiblemente, con regulación de tensión primaria mediante conmutador.

Estos transformadores se instalarán, en caso de incluir un líquido refrigerante, sobre una plataforma ubicada encima de un foso de recogida, de forma que en caso de que se derrame e incendie, el fuego quede confinado en la celda del transformador, sin difundirse por los pasos de cables ni otras aberturas al resto del centro.

Los transformadores, para mejor ventilación, estarán situados en la zona de flujo natural de aire, de forma que la entrada de aire esté situada en la parte inferior de las paredes adyacentes al mismo, y las salidas de aire en la zona superior de esas paredes.

### 3.3. EQUIPOS DE MEDIDA.

Cuando el centro de transformación sea tipo "abonado", se instalará un equipo de medida compuesto por transformadores de medida, ubicados en una celda de medida de A.T., y un equipo de contadores de energía activa y reactiva, ubicado en el armario de contadores, así como de sus correspondientes elementos de conexión, instalación y precintado.

Los transformadores de medida deberán tener las dimensiones adecuadas de forma que se puedan instalar en la celda 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 ellas. En el caso de que los transformadores no sean suministrados por el fabricante de las celdas se le deberá hacer la consulta sobre el modelo exacto de transformadores que se van a instalar, 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.



Los cables de los circuitos secundarios de medida estarán constituidos por conductores unipolares, de cobre de 1 kV de tensión nominal, del tipo no propagador de la llama, de polietileno reticulado o etileno-propileno, de 4 mm<sup>2</sup> de sección para el circuito de intensidad y para el neutro y de 2,5 mm<sup>2</sup> para el circuito de tensión. Estos cables irán instalados bajo tubos de acero (uno por circuito) de 36 mm de diámetro interior, cuyo recorrido será visible o registrable y lo más corto posible.

La tierra de los secundarios de los transformadores de tensión y de intensidad se llevarán directamente de cada transformador al punto de unión con la tierra para medida y de aquí se llevará, en un solo hilo, a la regleta de verificación.

La tierra de medida estará unida a la tierra del neutro de Baja Tensión constituyendo la tierra de servicio, que será independiente de la tierra de protección.

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

#### 3.4. ACOMETIDAS SUBTERRANEAS.

Los cables de alimentación subterránea entrarán en el centro, alcanzando la celda que corresponda, por un canal o tubo. Las secciones de estos canales y tubos permitirán la colocación de los cables con la mayor facilidad posible. Los tubos serán de superficie interna lisa, siendo su diámetro 1,6 veces el diámetro del cable como mínimo, y preferentemente de 15 cm. La disposición de los canales y tubos será tal que los radios de curvatura a que deban someterse los cables serán como mínimo igual a 10 veces su diámetro, con un mínimo de 0,60 m.

Después de colocados los cables se obstruirá el orificio de paso por un tapón al que, para evitar la entrada de roedores, se incorporarán materiales duros que no dañen el cable.

En el exterior del centro los cables estarán directamente enterrados, excepto si atraviesan otros locales, en cuyo caso se colocarán en tubos o canales. Se tomarán las medidas necesarias para asegurar



en todo momento la protección mecánica de los cables, y su fácil identificación.

Los conductores de alta tensión y baja tensión estarán constituidos por cables unipolares de aluminio con aislamiento seco termoestable, y un nivel de aislamiento acorde a la tensión de servicio.

### 3.5. ALUMBRADO.

El alumbrado artificial, siempre obligatorio, será preferiblemente de incandescencia.

Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de manera que los aparatos de seccionamiento no queden en una zona de sombra; permitirán además la lectura correcta de los aparatos de medida.

Se situarán de tal manera que la sustitución de lámparas pueda efectuarse sin necesidad de interrumpir la media tensión y sin peligro para el operario.

Los interruptores de alumbrado se situarán en la proximidad de las puertas de acceso.

La instalación para el servicio propio del CT llevará un interruptor diferencial de alta sensibilidad (30 mA).

### 3.6. PUESTAS A TIERRA.

Las puestas a tierra se realizarán en la forma indicada en el proyecto, debiendo cumplirse estrictamente lo referente a separación de circuitos, forma de constitución y valores deseados para las puestas a tierra.

Condiciones de los circuitos de puesta a tierra:

- No se unirán al circuito de puesta a tierra las puertas de acceso y ventanas metálicas de ventilación del CT.
- La conexión del neutro a su toma se efectuará, siempre que sea posible, antes del dispositivo de seccionamiento B.T.
- En ninguno de los circuitos de puesta a tierra se colocarán elementos de seccionamiento.





- Cada circuito de puesta a tierra llevará un borne para la medida de la resistencia de tierra, situado en un punto fácilmente accesible.
- Los circuitos de tierra se establecerán de manera que se eviten los deterioros debidos a acciones mecánicas, químicas o de otra índole.
- La conexión del conductor de tierra con la toma de tierra se efectuará de manera que no haya peligro de aflojarse o soltarse.
- Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea continua, en la que no podrán incluirse en serie las masas del centro. Siempre la conexión de las masas se efectuará por derivación.
- Los conductores de tierra enterrados serán de cobre, y su sección nunca será inferior a 50 mm<sup>2</sup>.
- Cuando la alimentación a un centro se efectúe por medio de cables subterráneos provistos de cubiertas metálicas, se asegurará la continuidad de éstas por medio de un conductor de cobre lo más corto posible, de sección no inferior a 50 mm<sup>2</sup>. La cubierta metálica se unirá al circuito de puesta a tierra de las masas.
- La continuidad eléctrica entre un punto cualquiera de la masa y el conductor de puesta a tierra, en el punto de penetración en el suelo, satisfará la condición de que la resistencia eléctrica correspondiente sea inferior a 0,4 ohmios.

#### 4. NORMAS DE EJECUCION DE LAS INSTALACIONES.

Todas las normas de construcción e instalación del centro 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 normativas que le pudieran afectar, emanadas por organismos oficiales y en particular las de la compañía suministradora de la electricidad.

El acopio de materiales se hará de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo retirar y reemplazar todos los que hubieran sufrido alguna descomposición o defecto durante su estancia, manipulación o colocación en la obra.



La admisión de materiales no se permitirá sin la previa aceptación por parte del Director de Obra. En este sentido, se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el D.O., aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones. Para ello se tomarán como referencia las distintas Recomendaciones UNESA, Normas UNE, etc. que les sean de aplicación.

## 5. PRUEBAS REGLAMENTARIAS.

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

Una vez ejecutada la instalación se procederá, por parte de 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.
- Tensiones de paso y de contacto.

Las pruebas y ensayos a que serán sometidas las celdas una vez terminada su fabricación serán las siguientes:

- Prueba de operación mecánica.
- Prueba de dispositivos auxiliares, hidráulicos, neumáticos y eléctricos.
- Verificación de cableado.
- Ensayo de frecuencia industrial.
- Ensayo dieléctrico de circuitos auxiliares y de control.
- Ensayo de onda de choque 1,2/50 ms.
- Verificación del grado de protección.

## 6. CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD.

### 6.1. PREVENCIÓNES GENERALES.

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



Se pondrán en sitio visible del local, y a su entrada, placas de aviso de "Peligro de muerte".

En el interior del local no habrá más objetos que los destinados al servicio al centro de transformación, como banqueta, guantes, etc. No está permitido fumar ni encender cerillas ni cualquier otra clase de combustible en el interior del local del centro de transformación y en caso de incendio no se empleará nunca agua.

No se tocará ninguna parte de la instalación en tensión, aunque se esté aislado. Todas las maniobras se efectuarán colocándose convenientemente sobre la banqueta.

Cada grupo de celdas llevará una placa de características con los siguientes datos:

- Nombre del fabricante.
- Tipo de aparamenta y número de fabricación.
- Año de fabricación.
- Tensión nominal.
- Intensidad nominal.
- Intensidad nominal de corta duración.
- Frecuencia industrial.

Junto al accionamiento de la aparamenta de las celdas se incorporarán, de forma gráfica y clara, las marcas e indicaciones necesarias para la correcta manipulación de dicha aparamenta.

En sitio bien visible estarán colocadas las instrucciones relativas a los socorros que deben prestarse en los accidentes causados por electricidad, debiendo estar el personal 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 el caso de introducir alguna modificación en este centro de transformación, para su inspección y aprobación, en su caso.



## 6.2. PUESTA EN SERVICIO.

Se conectarán 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.

Si al poner en servicio una línea se disparase el interruptor automático o hubiera fusión de cartuchos fusibles, antes de volver a conectar se reconocerá detenidamente la línea e instalaciones y, si se observase alguna irregularidad, se dará cuenta de modo inmediato a la empresa suministradora de energía.

## 6.3. SEPARACION DE SERVICIO.

Se procederá en orden inverso al determinado en el apartado anterior, o sea, desconectando la red de baja tensión y separando después el interruptor de alta y seccionadores.

## 6.4. MANTENIMIENTO.

El mantenimiento consistirá en la limpieza, engrasado y verificado de los componentes fijos y móviles de todos aquellos elementos que fuese necesario.

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 de las líneas de alta y de baja tensión, la limpieza se efectuará con la debida frecuencia. Esta se hará sobre banqueta, con trapos perfectamente secos, y teniendo muy presente que el aislamiento que es necesario para garantizar la seguridad personal, sólo se consigue teniendo en perfectas condiciones y sin apoyar en metales u otros materiales derivados a tierra.

Si es necesario cambiar los fusibles, se emplearán de las mismas características de resistencia y curva de fusión.

La temperatura del líquido refrigerante no debe sobrepasar los 60°C.

Deben humedecerse con frecuencia las tomas de tierra. Se vigilará el buen estado de los aparatos, y cuando se observase alguna anomalía



en el funcionamiento del centro de transformación, se pondrá en conocimiento de la compañía suministradora, para corregirla de acuerdo con ella.

#### 7. CERTIFICADOS Y DOCUMENTACION.

Se aportará, para la tramitación de este proyecto ante los organismos públicos, la documentación siguiente:

- Autorización administrativa.
- Proyecto, suscrito por técnico competente.
- Certificado de tensiones de paso y contacto, por parte de empresa homologada.
- Certificado de Dirección de obra.
- Contrato de mantenimiento.
- Escrito de conformidad por parte de la compañía suministradora.

#### 8. LIBRO DE ORDENES.

Se dispondrá en el centro de transformación de un libro de órdenes, en el que se harán constar las incidencias surgidas en el transcurso de su ejecución y explotación, incluyendo cada visita, revisión, etc.

#### 9. RECEPCION DE LA OBRA.

Durante la obra o una vez finalizada la misma, el Director de Obra podrá verificar que los trabajos realizados están de acuerdo con las especificaciones de este Pliego de Condiciones. Esta verificación se realizará por cuenta del Contratista.

Una vez finalizadas las instalaciones el Contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la Obra. En la recepción de la instalación se incluirán los siguientes conceptos:

- Aislamiento. Consistirá en la medición de la resistencia de aislamiento del conjunto de la instalación y de los aparatos más importantes.
- Ensayo dieléctrico. Todo el material que forma parte del equipo eléctrico del centro deberá haber soportado por separado las



tensiones de prueba a frecuencia industrial y a impulso tipo rayo.

- Instalación de puesta a tierra. Se comprobará la medida de las resistencias de tierra, las tensiones de contacto y de paso, la separación de los circuitos de tierra y el estado y resistencia de los circuitos de tierra.
- Regulación y protecciones. Se comprobará el buen estado de funcionamiento de los relés de protección y su correcta regulación, así como los calibres de los fusibles.
- Transformadores. Se medirá la acidez y rigidez dieléctrica del aceite de los transformadores.



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

## **4. PRESUPUESTO**







**ÍNDICE:**

|   |     |
|---|-----|
| 1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.....     | 99  |
| 1.1. SUBCAPÍTULO 1. OBRA CIVIL.....           | 99  |
| 1.2. SUBCAPÍTULO 2. ELEMENTOS ELÉCTRICOS..... | 101 |
| 2. PRESUPUESTO TOTAL.....                     | 103 |





## 1. PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL

### 1.1. SUBCAPÍTULO 1. OBRA CIVIL

Tabla 7 - PEM OBRA CIVIL

| CÓDIGO | UNIDAD | RESUMEN  | CANTIDAD | PRECIO   | IMPORTE   |
|--------|--------|--|----------|----------|-----------|
| 1.1    | M2     | Compactado superficial de tierras antes de pavimentar la solera.               | 40       | 1.96 €   | 78.40 €   |
| 1.2    | M3     | Hormigón R.C. 150 kg/cm <sup>2</sup> para el pavimento de la solera de 20 cm.  | 6        | 46.69 €  | 262.14 €  |
| 1.3    | M3     | Hormigón R.C. 175 kg/cm <sup>2</sup> para el macizado de zanjas de cimentación | 12       | 96.42 €  | 1157.04 € |
| 1.4    | M3     | Hormigón R.C. 200 kg/cm <sup>2</sup> para muros y placas armadas               | 22.5     | 162.76 € | 3662.10 € |
| 1.5    | M2     | Tabique de ladrillo hueco doble, tomado con mortero de cemento 1:6             | 150      | 14.73 €  | 2209.50 € |
| 1.6    | M2     | Enfoscado maestro de paredes con mortero cemento 1:3 y acabado fratasado       | 135      | 14.25 €  | 1923.75 € |
| 1.7    | M2     | Enfoscado maestro de techos con mortero cemento 1:3 y acabado fratasado        | 30       | 16.23 €  | 486.90 €  |
| 1.8    | M2     | Pintura al temple liso para techos y paredes                                   | 136      | 1.5 €    | 204,00 €  |



|      |     |   |               |            |           |
|------|-----|---|---------------|------------|-----------|
| 1.9  | M2  | Pintura minio plomo, dos capas imprimación en herrajes                              | 30            | 3.75 €     | 112.50 €  |
| 1.10 | M2  | Pintura esmalte sintético en carpintería metálica                                   | 13            | 8.68 €     | 112.84 €  |
| 1.11 | Ud. | Puerta de una hoja para acceso de personal cualificado a las celdas                 | 2             | 222.45 €   | 444.90 €  |
| 1.12 | Ud. | Puerta de dos hojas para acceso a transformadores                                   | 2             | 264.15 €   | 528.30 €  |
| 1.13 | Ud. | Rejilla de ventilación en puerta de una hoja  | 2             | 97.93 €    | 195.86 €  |
| 1.14 | Ud. | Rejilla de ventilación en puerta de dos hojas                                       | 2             | 107.90 €   | 215.80 €  |
| 1.15 | Ud. | Rejilla de ventilación en alzado trasero  | 2             | 148.29 €   | 296.58 €  |
| 1.16 | Ud. | Conjunto apoyo transformador que incluye vigas de apoyo y amortiguador de vibración | 2             | 154.97 €   | 309.94 €  |
| 1.17 | M2  | Aislamiento acústico con manta de fibra de vidrio fijada sobre forjado              | 22.5          | 151.75 €   | 3414.37 € |
| 1.18 | M2  | Pavimento de cemento continuo bruñido y ruleteado                                   | 18            | 4.93 €     | 88.74 €   |
|      |     |   | TOTAL PARTIDA | 15703.66 € |           |



Total subcapítulo 1 Obra Civil.....15.703,66 €

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de QUINCE MIL SETECIENTOS TRES EUROS con SESENTA Y SEIS CÉNTIMOS.

### 1.2. SUBCAPÍTULO 2. ELEMENTOS ELÉCTRICOS

Tabla 8 - PEM ELEMENTOS ELÉCTRICOS

| CÓDIGO | UNIDAD | RESUMEN   | CANTIDAD | PRECIO    | IMPORTE    |
|--------|--------|---|----------|-----------|------------|
| 2.1    | Ud.    | Transformador de potencia de 800 kVA aislado en seco marca ABB            | 2        | 8777.00 € | 17554.00 € |
| 2.2    | Ud     | Celda de línea de entrada al centro de transformación                     | 1        | 2694.26 € | 2694.26 €  |
| 2.3    | Ud     | Celda de protección con fusibles para protección de transformadores       | 2        | 3608.71 € | 7217.42 €  |
| 2.4    | Ud.    | Celda de protección con automático para protección contra sobrecorrientes | 1        | 4823.15 € | 4823.15 €  |
| 2.5    | Ud.    | Celda de medida con transformador de tensión y de intensidad.             | 1        | 5861.32 € | 5861.32 €  |
| 2.6    | Ud.    | Celda de remonte de cables  | 1        | 1227.03 € | 1227.03 €  |
| 2.7    |        | Red de tierras  |          |           |            |
|        | Ud.    | Picas de diámetro 14 mm   | 12       | 19.87 €   | 238.44 €   |
|        | M      | Conductor desnudo de cobre de 50 mm <sup>2</sup>                          | 33       | 2.85 €    | 94.05 €    |



|      |     |   |               |            |           |
|------|-----|---|---------------|------------|-----------|
| 2.10 | Ud. | Interconexión celdas de A.T. y transformadores                  | 2             | 1397.63 €  | 2795.26 € |
| 2.11 | Ud. | Interconexión transformadores y cuadros de B.T.                 | 2             | 620.87 €   | 1241.74 € |
| 2.12 | Ud. | Equipo de iluminación del interior del centro de transformación | 1             | 158.9 €    | 158.9 €   |
| 2.13 | Ud. | Equipo de seguridad y maniobra                                  | 1             | 5500 €     | 5500 €    |
|      |     |   | TOTAL PARTIDA | 49405.57 € |           |

Total subcapítulo 2 Elementos Eléctricos.....49.405,57 €

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA Y NUEVE MIL CUATROCIENTOS CINCO EUROS con CINCUENTA Y SIETE CÉNTIMOS.

TOTAL

Total subcapítulo 1 Obra Civil.....15.703,66 €

Total subcapítulo 2 Elementos Eléctricos.....49.405,57 €

Total.....65.109,23 €

Asciende el precio total del presupuesto de ejecución material a la mencionada cantidad de SESENTA Y CINCO MIL CIENTO NUEVE EUROS con VEINTITRÉS CÉNTIMOS.



## 2. PRESUPUESTO TOTAL

|  |                    |
|--|--------------------|
| <b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>     | <b>65.109,23 €</b> |
| OBRA CIVIL                                   | 15.703,66 €        |
| ELEMENTOS ELÉCTRICOS                         | 49.405,57 €        |
| <b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA</b> | <b>91.152,92 €</b> |
| PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL            | 65.109,23 €        |
| GASTOS GENERALES (13% PEM)                   | 8.464,20 €         |
| BENEFICIO INDUSTRIAL (6% PEM)                | 3.906,55 €         |
| IVA (21% PEM)                                | 13.672,94 €        |
| <b>PRESUPUESTO TOTAL</b>                     | <b>94.408,38 €</b> |
| PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA        | 91.152,92 €        |
| DIRECCIÓN DE OBRA (5% PEM)                   | 3.255,46 €         |

Asciende el precio total del presupuesto total de la instalación descrita en el presente proyecto a la mencionada cantidad de NOVENTA Y CUATRO MIL CUATROCIENTOS OCHO EUROS con TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS.







**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

## **5. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**





## ÍNDICE

|   |     |
|---|-----|
| 5.1. OBJETO.....                                    | 109 |
| 5.2. NORMAS DE SEGURIDAD APLICABLES EN LA OBRA..... | 109 |
| 5.3. METODOLOGÍA.....                               | 110 |
| 5.4. IDENTIFICACIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS.....    | 110 |
| 5.4.1. Riesgos para MT y BT.....                    | 110 |
| 5.4.2. Riesgos para B.T.....                        | 113 |
| 5.4.3. Riesgos para M.T.....                        | 117 |
| 5.5. BOTIQUÍN.....                                  | 125 |
| 5.5. CONCLUSIONES.....                              | 125 |





### 5.1. OBJETO

El presente Estudio Básico de Seguridad tiene por objeto, de acuerdo con el Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre, precisar las normas de seguridad y salud aplicables a las obras contempladas en este proyecto.

Este estudio servirá de base para que el técnico designado por la empresa adjudicataria de la obra pueda realizar el Plan de Seguridad y Salud en el trabajo en el que se analizaran, estudiaran, desarrollaran y complementaran las previsiones contenidas en este estudio, en función de su propio sistema de ejecución de la obra, así como la propuesta de medidas alternativas de prevención, con la correspondiente justificación técnica y sin que ello implique disminución de los niveles de protección previstos y ajustándose en todo caso a lo indicado al respecto en el artículo 7 del R.D. 1627/97 sobre disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

### 5.2. NORMAS DE SEGURIDAD APLICABLES EN LA OBRA

- Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- El Real Decreto 1109/2007, de 24 agosto, por el que se desarrolla la ley 332/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril, sobre Señalización de seguridad en el trabajo.
- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril, sobre Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997 de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos para los trabajadores.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo, sobre Utilización de Equipos de Protección Individual (EPI).
- Real Decreto 39/1997 de 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio, sobre Utilización de Equipos de Trabajo.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.



- Real Decreto Legislativo 5/2000, de 4 de agosto, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre Infracciones y Sanciones en el Orden Social.

### 5.3. METODOLOGÍA

A tal efecto se llevará a cabo una exhaustiva identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello.

Del mismo modo se hará una relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos.

Tales riesgos irán agrupados por "Factores de Riesgo" asociados a las distintas operaciones a realizar durante la ejecución de la obra.

### 5.4. IDENTIFICACIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS

Las diferentes tareas a realizar durante la ejecución de una obra llevan asociados una serie de riesgos ante los cuales deberán adoptarse unas medidas preventivas. En lo relativo a este proyecto tales factores de riesgo son:

#### 5.4.1. Riesgos para MT. y BT.

- Transporte de materiales
- Apertura de zanjas
- Canalización de la línea

a) Factor de riesgo: Transporte de materiales.

Es el riesgo derivado del transporte de los materiales en el lugar de ejecución de la obra.

- Riesgos asociados (medida preventiva):
  - Caída de personas al mismo nivel.
  - Cortes.
  - Caída de objetos,
  - Desprendimientos, desplomes y derrumbes,
  - Atrapamiento.
  - Confinamiento.
  - Condiciones ambientales y señalización.



- Medidas preventivas
  - Inspección del estado del terreno.
  - Utilizar los pasos y vías existentes.
  - Limitar la velocidad de los vehículos.
  - Delimitación de puntos peligrosos (zanjas, pozos, ...).
  - Respetar zonas señalizadas y delimitadas.
  - Exigir y mantener el orden.
  - Precaución en transporte de materias.

\*Protecciones individuales a utilizar:

- Guantes protección
- Cascos de seguridad
- Botas de seguridad

b) Factor de riesgo: Apertura de zanjas.

Es el riesgo derivado de la apertura de zanjas para líneas de tanto para las personas que están llevando a cabo la operación, como para las que se encuentran en las proximidades.

- Riesgos asociados (medida preventiva):
  - Caída de personas al mismo nivel.
  - Caída de personas a distinto nivel.
  - Caída de objetos.
  - Desprendimientos, desplomes y derrumbes.
  - Choques y golpes.
  - Proyecciones.
  - Explosiones.
  - Electrocutación.
  - Cortes.
  - Sobrecarga física.
  - Confinamiento y atrapamiento.
- Medidas preventivas
  - Conocimiento de las instalaciones mediante planos.
  - Notificación a todo el personal de la obra, de los cruzamientos y paralelismos con otras líneas eléctricas de alta, media y baja tensión, así como canalizaciones de agua, gas y líquidos inflamables.



- Hacer uso correcto de las herramientas necesarias para la apertura de la zanja, tanto si son:
  - Manuales (Picos, palas, ...).
  - Mecánicos (perforador neumático).
  - Motorizadas (vehículos).
- Delimitar y señalizar la zona de trabajo.
- Se debe entibar la zanja siempre que el terreno sea blando o se trabaje a más de 1,5 m de profundidad, comprobando el estado del terreno entibado después de fuertes lluvias y cada vez que se reinicia el trabajo.

\*Protecciones colectivas a utilizar:

- Material de señalización y delimitación (Cinta delimitadora, señales,...).
- Las propias de los trabajos a realizar y de las herramientas a utilizar.

\*Protecciones individuales a utilizar:

- Guantes de seguridad.
- Cascos de seguridad.
- Botas de seguridad.
- Gafas contra impactos.
- Protectores auditivos.

#### c) Factor de riesgo: Canalización de la línea

Es el riesgo derivado de la canalización de una línea subterránea de B.T., tanto para las personas que la llevan a cabo como para aquellas otras que se encuentran en las proximidades.

- Riesgos asociados (medida preventiva):
  - Caída de personas al mismo nivel.
  - Caída de personas a distinto nivel.
  - Caída de objetos.
  - Desprendimientos, desplomes y derrumbes.
  - Choques y golpes.
  - Cortes.
  - Sobrecarga física.





- Confinamiento y atrapamiento.
- Medidas preventivas
  - Precaución en el manejo de las bobinas y los conductores.
  - Prevención de explosiones y efecto látigo:
    - Cumplimiento de las disposiciones reglamentarias.
    - Fijación de los cables mediante abrazaderas.
  - Delimitar y señalizar la zona de trabajo, con especial precaución en las vías públicas donde existan vehículos de tracción mecánica, sus accesos y proximidades.
  - En caso de entubado y hormigonado, señalizar y delimitar la zona de trabajo a fin de evitar posibles accidentes.

\*Protecciones colectivas a utilizar:

- Material de señalización y delimitación (Cinta delimitadora, señales,...).
- Las propias de los trabajos a realizar y de las herramientas a utilizar.

\*Protecciones individuales a utilizar:

- Guantes de seguridad.
- Cascos de seguridad.
- Botas de seguridad.
- Gafas contra impactos.

#### 5.4.2. Riesgos para B.T.

- Trabajos en tensión.
- Trabajos en frío.

a) Factor de riesgo: Trabajos en tensión.

Es el riesgo derivado de las operaciones llevadas a cabo en Redes Subterráneas de Baja Tensión sin ausencia de tensión.

- Riesgos asociados (medida preventiva):
  - Caída de personas al mismo nivel.
  - Caída de objetos.
  - Contactos eléctricos.



- Arcos eléctricos.
- Electrocutación.
  
- Medidas preventivas
  - En proximidad de líneas subterráneas:
    - Solicitar el descargo de la línea en trabajos con herramientas y útiles manuales (distancia inferior a 0,5 m) o en operaciones con útiles mecánicos (distancia inferior a 1m).
    - Si no es posible el descargo, eliminar los reenganches.
    - Manipulaciones de cables: con descargo solicitado y usando elementos aislantes adecuados al nivel de tensión.
    - Usar medios de protección adecuados (alfombras y guantes aislantes).
    - Medidas preventivas a adoptar por el Jefe de Trabajos: conocimiento de las instalaciones mediante planos, notificación de la proximidad de conductores en tensión, señalización de los cables, designación de vigilante de los trabajos y aislamiento selectivo de cables.
  - En proximidad de partes en tensión.
    - Aislar con pantallas las partes conductoras desnudas bajo tensión.
    - Mantener distancias de seguridad.
    - Utilizar herramientas eléctricas aisladas.
    - Transportar por dos personas los elementos alargados.
  - Cumplimiento de las disposiciones legales existentes:
    - Protección frente a sobreintensidades y sobretensiones: fusibles e interruptores de corte.
    - Puestas a tierra en buen estado: comprobar anualmente o cuando, por su estado de conservación, sea recomendable. Inspeccionar electrodos y conductores de enlace.
    - Prevención de caída de conductores por climatología adversa o por estado deficiente.
    - Mantenimiento de distancias en cruzamientos y paralelismos: con líneas de alta tensión, carreteras, fachadas,...
  - A nivel del suelo, colocarse sobre objetos aislantes (alfombra, banqueta, madera seca, etc.).



- Utilizar casco, guantes aislantes para B.T. y herramientas aisladas.
- Utilizar gafas de protección cuando exista riesgo particular de accidente ocular.
- Utilizar ropas secas y llevar ropa de lluvia en caso de lluvia. Las ropas no deben tener partes conductoras y cubrirán totalmente los brazos y las piernas.
- Aislar, siempre que sea posible, los conductores o partes conductoras desnudas que estén en tensión, próximos al lugar de trabajo, incluido el neutro. El aislamiento se efectuara mediante fundas, telas aislantes, capuchones, etc.
- Notificación de anomalías en las instalaciones siempre que se detecten,

\*Protecciones colectivas a utilizar:

- Protección frente a contactos eléctricos (aislamientos, puestas a tierra, dispositivos de corte por intensidad o tensión de defecto), protección contra sobreintensidades (fusibles e interruptores automáticos), protección contra sobretensiones (descargadores a tierra), señalización y delimitación.

\*Protecciones individuales a utilizar.:

- Las consideradas como preventivas.

#### b) Factor de riesgo: Trabajos en frío

Es el riesgo derivado de las operaciones llevadas a cabo en Redes Subterráneas de Baja Tensión en ausencia de tensión.

– Riesgos asociados (medida preventiva):

- Caída de personas al mismo nivel.
- Cortes.
- Caída de objetos.
- Desprendimientos, desplomes y derrumbes.
- Carga física.
- Choques y golpes.
- Contactos eléctricos.



- Arcos eléctricos.
- Electrocutación.
  
- Medidas preventivas
  - Apertura de los circuitos, a fin de separar todas las posibles fuentes de tensión que pudieran alimentar el cable en el cual se debe trabajar.
  - Enclavamiento, en posición de apertura de los aparatos de corte y colocación de señalización en el mando de los aparatos de corte enclavados.
  - Verificación de la ausencia de tensión y puesta en cortocircuito.
  - Dichas operaciones se efectuarán sobre cada uno de los conductores de la canalización subterránea que atraviesa los límites de la zona protegida en los puntos de corte de la instalación en consignación o descargo, o en puntos lo más próximos posible a éstos.
    - Se determinarán los puntos de la canalización subterránea en los que deben colocarse la puesta en cortocircuito. Estos puntos constituirán los límites de la zona protegida.
    - Se verificará la ausencia de tensión en dichos puntos. Al efectuar dicha verificación, la canalización será considerada como si estuviera en tensión y se utilizará a dicho efecto un dispositivo apropiado. La verificación se efectuará en cada uno de los conductores.
    - Inmediatamente después de verificada la ausencia de tensión, se procederá a la puesta en cortocircuito. Dicha operación se efectuará para todos los conductores.
  - Determinación de la zona protegida. La persona encargada de la consignación o descargo, mencionará explícitamente en el documento de consignación los límites de la zona protegida de la canalización en consignación o descargo.
  - Colocación de pantallas protectoras. Cuando por la proximidad de otras instalaciones en tensión sea posible el contacto de los operarios con partes desnudas en tensión, se interpondrán pantallas aislantes apropiadas.
  - Comprobación de las operaciones de identificación, señalización, puesta a tierra y en cortocircuito de los cables afectados.



- Definición de la zona de trabajo.
  - Localización e identificación del cable. Para la utilización de la pértiga sierra-cables o el picacables, es obligatorio la puesta a tierra de dichos elementos.
  - Reposición de la tensión después del trabajo.
  
- Después de la ejecución del trabajo, y antes de dar tensión a la instalación, deben efectuarse las operaciones siguientes:
  - En el lugar de trabajo:
    - Si el trabajo ha necesitado la participación de varias personas, el responsable del mismo las reunirá y notificará que se va a proceder a dar tensión.
    - Retirar las puestas en cortocircuito, si las hubiere.
  - En el lugar del corte:
    - Retirar el enclavamiento o bloqueo y/o señalización.
    - Cerrar circuitos.
  
- \* Protecciones colectivas a utilizar:
  - Protección frente a contactos eléctricos (aislamientos, puestas a tierra, dispositivos de corte por intensidad o tensión de defecto), protección contra sobreintensidades (fusibles e interruptores automáticos), protección contra sobretensiones (descargadores a tierra), señalización y delimitación.
  
- \* Protecciones individuales a utilizar:
  - Las consideradas como medidas preventivas para trabajos en tensión

#### 5.4.3. Riesgos para M.T.

- Cercanías a instalaciones de M. T.
- Trabajos en tensión.
- Puesta en servicio en frío.
- Puesta en servicio en tensión



a) Factor de riesgo: Cercanía a instalaciones de media tensión:

Es el riesgo derivado de las líneas de media tensión para las personas cuando se encuentran en proximidad de estas instalaciones.

- Riesgos asociados (medida preventiva):
  - Caída de personas al mismo nivel.
  - Caída de personas a distinto nivel.
  - Caída de objetos.
  - Desprendimientos, desplomes y derrumbes.
  - Choques y golpes.
  - Proyecciones.
  - Contactos eléctricos.
  - Arcos eléctricos.
  - Explosiones.
  - Incendios.
  
- Medidas preventivas
  - En proximidad de líneas subterráneas:
    - Solicitar el descargo de la línea en trabajos con herramientas y útiles manuales (distancia inferior a 0,5 m) o en operaciones con útiles mecánicos (distancia inferior a 1 m).
    - Si no es posible el descargo, eliminar los reenganches.
    - Manipulaciones de cables: con descargo solicitado y usando elementos aislantes adecuados al nivel de tensión.
    - Usar medios de protección adecuados (alfombras y guantes aislantes).
    - Medidas preventivas a adoptar por el Jefe de Trabajos: conocimiento de las instalaciones mediante planos, notificación de la proximidad de conductores en tensión, señalización de los cables, designación de vigilante de los trabajos y aislamiento selectivo de cables.
  - Cumplimiento de las disposiciones legales existentes (distancias, cruzamientos, paralelismos ... ).



- Puestas a tierra en buen estado:
  - Tratamiento químico del terreno si hay que reducir la resistencia de la toma de tierra.
  - Comprobación en el momento de su establecimiento y revisión cada seis años .
  - Terreno no favorable: descubrir cada nueve años.
- Protección frente a sobreintensidades: cortacircuitos fusibles e interruptores automáticos.
- Protección frente a sobretensiones: pararrayos y autoválvulas.
- Notificación de Anomalías en las instalaciones siempre que se detecten.
- Solicitar el Permiso de Trabajos con Riesgos Especiales.

\*Protecciones colectivas a utilizar:

- Circuito de puesta a tierra, protección contra sobreintensidades (cortacircuitos, fusibles e interruptores automáticos), protección contra sobretensiones (pararrayos), señalización y delimitación.

\* Protecciones individuales a utilizar:

- Guantes, casco y botas de seguridad.

b) Factor de riesgo: Trabajos en tensión.

Es el riesgo derivado de las operaciones llevadas a cabo en líneas Subterráneas de Media Tensión sin ausencia de tensión.

– Riesgos asociados (medida preventiva):

- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de objetos.
- Cortes.
- Contactos eléctricos.
- Arcos eléctricos.
- Electrocuci3n.



- Medidas preventivas
  - En proximidad de líneas subterráneas:
    - Solicitar el descargo de la línea en trabajos con herramientas y útiles manuales (distancia inferior a 0,5 m) o en operaciones con útiles mecánicos (distancia inferior a 1 m).
    - Si no es posible el descargo, eliminar los reenganches.
    - Manipulaciones de cables: con descargo solicitado y usando elementos aislantes adecuados al nivel de tensión.
    - Usar medios de protección adecuados (alfombras y guantes aislantes).
    - Medidas preventivas a adoptar por el Jefe de Trabajos: conocimiento de las instalaciones mediante planos, notificación de la proximidad de conductores en tensión, señalización de los cables, designación de vigilante de los trabajos y aislamiento selectivo de cables.
  - Cumplimiento de las disposiciones legales existentes (distancias, cruzamientos, paralelismos ... ).
  - Protección frente a sobreintensidades: cortacircuitos fusibles e interruptores automáticos.
  - Protección frente a sobretensiones: pararrayos y autoválvulas.
  - Notificación de Anomalías en las instalaciones siempre que se detecten.
  - En la fecha de inicio de los trabajos:
    - Supresión de los reenganches automáticos, si los tiene, y prohibición de la puesta en servicio de la instalación, en caso de desconexión, sin la previa conformidad del jefe de trabajo.
    - Establecimiento de una comunicación con el lugar de trabajo o sitio próximo a él (radio, teléfono, etc.) que permita cualquier maniobra de urgencia que sea necesaria.
  - Antes de comenzar a reanudar los trabajos:
    - Exposición, por parte del Jefe del Trabajo, a los operarios del Procedimiento de Ejecución, cerciorándose de la comprensión del mismo.
    - Se comprobará que todos los equipos y herramientas que sean necesarias existen y se encuentran en perfecto





estado y se verificará visualmente el estado de la instalación.

- Durante la realización del trabajo:
  - El jefe del trabajo dirigirá y controlará los trabajos, siendo responsable de las medidas de cualquier orden que afecten a la seguridad de los mismos.
  - Si la naturaleza o amplitud de los trabajos no le permiten asegurar personalmente su vigilancia, debe asignar, para secundarle, a uno o más operarios habilitados.
- Al finalizar los trabajos:
  - El Jefe del Trabajo se asegurará de su buena ejecución y comunicará al Jefe de Explotación el fin de los mismos.
  - El Jefe de Explotación tomará las medidas necesarias para dejar la instalación en condiciones normales de explotación.

\* Protecciones colectivas a utilizar:

- Material de señalización y delimitación (Cinta delimitadora, señales ... ). Las propias de los trabajos a realizar. Bolsa portaherramientas y cuerda de servicio.

\* Protecciones individuales a utilizar:

- Casco, guantes y botas de seguridad, banqueta, alfombra aislante y guantes aislantes.

c) Factor de riesgo: Puesta en servicio en tensión.

Es el riesgo derivado de la puesta en servicio de una línea subterránea de M.T. sin ausencia de tensión.

- Riesgos asociados (medida preventiva):
  - Caída de personas al mismo nivel.
  - Caída de objetos.
  - Cortes.
  - Contactos eléctricos.
  - Arcos eléctricos.
  - Electrocutación.



- Medidas preventivas
  - Las correspondientes a trabajos en altura y trabajos en tensión.
  - En la fecha de inicio de los trabajos:
    - Supresión de los reenganches automáticos, si los tiene, y prohibición de la puesta en servicio de la instalación, en caso de desconexión, sin la previa conformidad del jefe de trabajo.
    - Establecimiento de una comunicación con el lugar de trabajo o sitio próximo a él (radio, teléfono, etc.) que permita cualquier maniobra de urgencia que sea necesaria.
  - Antes de comenzar a reanudar los trabajos:
    - Exposición, por parte del Jefe del Trabajo, a los operarios del Procedimiento de Ejecución, cerciorándose de la compresión del mismo.
    - Se comprobará que todos los equipos y herramientas que sean necesarias existen y se encuentran en perfecto estado y se verificará visualmente el estado de la instalación.
  - Durante la realización del trabajo:
    - El jefe del trabajo dirigirá y controlará los trabajos, siendo responsable de las medidas de cualquier orden que afecten a la seguridad de los mismos.
    - Si la naturaleza o amplitud de los trabajos no le permiten asegurar personalmente su vigilancia, debe asignar, para secundarle, a uno o más operarios habilitados.
  - Al finalizar los trabajos:
    - El Jefe del Trabajo se asegurará de su buena ejecución y comunicará al Jefe de Explotación el fin de los mismos.
    - El Jefe de Explotación tomará las medidas necesarias para dejar la instalación en condiciones normales de explotación.
- \* Protecciones colectivas a utilizar:
  - Material de señalización y delimitación (Cinta delimitadora, señales ... ). Detectores de ausencia de tensión. Equipos de Puesta a tierra y en cortocircuito. Las propias de los trabajos a realizar. Bolsa portaherramientas y cuerda de servicio.



\* Protecciones individuales a utilizar:

- Casco, guantes y botas de seguridad, banqueta, alfombra aislante y guantes aislantes.

d) Factor de riesgo: Puesta en servicio en ausencia de tensión.

Es el riesgo derivado de la puesta en servicio de una línea subterránea de M.T. habiéndose realizado previamente el descargo de la línea.

– Riesgos asociados (medida preventiva):

- Caída de personas a distinto nivel.
- Cortes.
- Caída de objetos.
- Desplomes.
- Carga física.
- Contactos eléctricos.
- Arcos eléctricos.
- Electrocuci3n.

– Medidas preventivas

- Las correspondientes a trabajos en altura y trabajos en tensi3n.
- Apertura de los circuitos, a fin de separar todas las posibles fuentes de tensi3n que pudieran alimentar el cable en el cual se debe trabajar.
- Enclavamiento, en posici3n de apertura de los aparatos de corte y colocaci3n de sealizaci3n en el mando de los aparatos de corte enclavados.
- Verificaci3n de la ausencia de tensi3n y puesta en cortocircuito.
- Dichas operaciones se efectuarán sobre cada uno de los conductores de la canalizaci3n subterránea que atraviesa los límites de la zona protegida en los puntos de corte de la instalaci3n en consignaci3n o descargo, o en puntos lo más próximos posible a éstos.
  - Se determinarán los puntos de la canalizaci3n subterránea en los que deben colocarse la puesta en cortocircuito. Estos puntos constituirán los límites de la zona protegida.



- Se verificará la ausencia de tensión en dichos puntos. Al efectuar dicha verificación, la canalización será considerada como si estuviera en tensión y se utilizará a dicho efecto un dispositivo apropiado. La verificación se efectuará en cada uno de los conductores.
- Inmediatamente después de verificada la ausencia de tensión, se procederá a la puesta en cortocircuito. Dicha operación se efectuará para todos los conductores.
- Determinación de la zona protegida. La persona encargada de la consignación o descargo, mencionará explícitamente en el documento de consignación los límites de la zona protegida de la canalización en consignación o descargo.
- Colocación de pantallas protectoras. Cuando por la proximidad de otras instalaciones en tensión sea posible el contacto de los operarios con partes desnudas en tensión, se interpondrán pantallas aislantes apropiadas.
- Comprobación de las operaciones de identificación, señalización, puesta a tierra y en cortocircuito de los cables afectados.
- Definición de la zona de trabajo.
  - Localización e identificación del cable. Para la utilización de la pértiga sierra-cables o el picacables, es obligatorio la puesta a tierra de dichos elementos.
  - Reposición de la tensión después del trabajo.
- Después de la ejecución del trabajo, y antes de dar tensión a la instalación, deben efectuarse las operaciones siguientes:
  - En el lugar de trabajo:
    - Si el trabajo ha necesitado la participación de varias personas, el responsable del mismo las reunirá y notificará que se va a proceder a dar tensión.
    - Retirar las puestas en cortocircuito, si las hubiere.
  - En el lugar del corte:
    - Retirar el enclavamiento o bloqueo y/o señalización.
    - Cerrar circuitos.

\*Protecciones colectivas a utilizar:

- Material de señalización y delimitación (Cinta delimitadora, señales ... ). Detectores de ausencia de



tensión. Equipos de Puesta a tierra y en cortocircuito.  
Las propias de los trabajos a realizar.

\* Protecciones individuales a utilizar:

- Casco, guantes y botas de seguridad, banqueta, alfombra aislante y guantes aislantes.

## 5.5. BOTIQUÍN

En el centro de trabajo se dispondrá de un botiquín con los medios necesarios para efectuar las curas de urgencia en caso de accidente y estará a cargo de él una persona capacitada designada por la empresa constructora.

## 5.6. CONCLUSIONES

El presente Estudio Básico de Seguridad precisa las normas genéricas de seguridad y salud aplicables a la obra que trata el presente Proyecto. Identifica, a su vez, los riesgos inherentes a la ejecución de las mismas y contempla previsiones básicas e informaciones útiles para efectuar, en condiciones de seguridad y salud, las citadas obras.

Igualmente, las directrices anteriores deberán ser complementadas por aspectos tales como:

- La propia experiencia del operario/montador.
- Las instrucciones y recomendaciones que el responsable de la obra pueda dictar con el buen uso de la lógica, la razón y sobre todo de su experiencia, con el fin de evitar situaciones de riesgo o peligro para la salud de las personas que llevan a cabo la ejecución de la obra.
- Las propias instrucciones de manipulación o montaje que los fabricantes de herramientas, componentes y equipos puedan facilitar para el correcto funcionamiento de las mismas.

Expuestas en este proyecto las razones que justifican la necesidad de la instalación y sus características, se solicita la aprobación y autorización para su construcción y posterior puesta en funcionamiento.





**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

## **6. ANEXO. INSTALACIÓN BAJA TENSIÓN**







ÍNDICE ANEXO:

|   |     |
|---|-----|
| 1. INTRODUCCIÓN.....  | 131 |
| 2. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS.....  | 131 |
| 2.1. ACOMETIDA.....   | 131 |
| 2.2. INSTALACIONES DE ENLACE: CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA.....                                    | 131 |
| 2.3. INSTALACIONES DE ENLACE: DERIVACIÓN INDIVIDUAL.....  | 131 |
| 2.4. INSTALACIONES DE ENLACE: DISPOSITIVOS GENERALES E<br>INDIVIDUALES DE MANDO Y PROTECCIÓN..... | 132 |
| 3. COMPENSACIÓN DE REACTIVA A REALIZAR.....   | 134 |
| 4. DEMANDA DE POTENCIA.....   | 137 |
| 5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....  | 138 |
| 6. ESQUEMA UNIFILAR.....  | 171 |





## 1. INTRODUCCIÓN

En este anexo se presenta la instalación de baja tensión que va a alimentar nuestro centro de transformación.

A continuación se irán describiendo los elementos más importantes.

## 2. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS

### 2.1. ACOMETIDA.

Es parte de la instalación de la red de distribución, que alimenta la caja general de protección o unidad funcional equivalente (CGP). Los conductores serán de cobre o aluminio. Esta línea está regulada por la ITC-BT-11.

### 2.2. INSTALACIONES DE ENLACE: CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA.

Para el caso de suministros a un único usuario, al no existir línea general de alimentación, se colocará en un único elemento la caja general de protección y el equipo de medida; dicho elemento se denominará caja de protección y medida. En consecuencia, el fusible de seguridad ubicado antes del contador coincide con el fusible que incluye una CGP.

Las cajas de protección y medida cumplirán todo lo que sobre el particular se indica en la Norma UNE-EN 60.439 -1, tendrán grado de inflamabilidad según se indica en la norma UNE-EN 60.439 -3, una vez instaladas tendrán un grado de protección IP43 según UNE 20.324 e IK 09 según UNE-EN 50.102 y serán precintables.

La envolvente deberá disponer de la ventilación interna necesaria que garantice la no formación de condensaciones. El material transparente para la lectura será resistente a la acción de los rayos ultravioleta.

Las disposiciones generales de este tipo de caja quedan recogidas en la ITC-BT-13.

### 2.3. INSTALACIONES DE ENLACE: DERIVACIÓN INDIVIDUAL.

Es la parte de la instalación que, partiendo de la caja de protección y



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

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

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

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

#### 2.4. INSTALACIONES DE ENLACE: DISPOSITIVOS GENERALES E INDIVIDUALES DE MANDO Y PROTECCIÓN.

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

Los dispositivos individuales de mando y protección de cada uno de los circuitos, que son el origen de la instalación interior, podrán instalarse en cuadros separados y en otros lugares.

Las envolventes de los cuadros se ajustarán a las normas UNE 20.451 y UNE-EN 60.439 -3, con un grado de protección mínimo IP 30 según UNE 20.324 e IK07 según UNE-EN 50.102. La envolvente



para el interruptor de control de potencia será precintable y sus dimensiones estarán de acuerdo con el tipo de suministro y tarifa a aplicar. Sus características y tipo corresponderán a un modelo oficialmente aprobado.

El instalador fijará de forma permanente sobre el cuadro de distribución una placa, impresa con caracteres indelebles, en la que conste su nombre o marca comercial, fecha en que se realizó la instalación, así como la intensidad asignada del interruptor general automático.

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

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

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

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



### 3. COMPENSACIÓN DE REACTIVA A REALIZAR

Nosotros vamos a realizar una compensación global de todas las cargas conectadas en el secundario, hasta un valor de 0,96 por medio de una batería de condensadores conectados en triángulo en la instalación de baja tensión.

En nuestra instalación tendremos unas solicitudes de potencia simultánea equivalentes a 1265,973 kW que vamos a cubrir con los 1600 kVA de los transformadores de potencia.

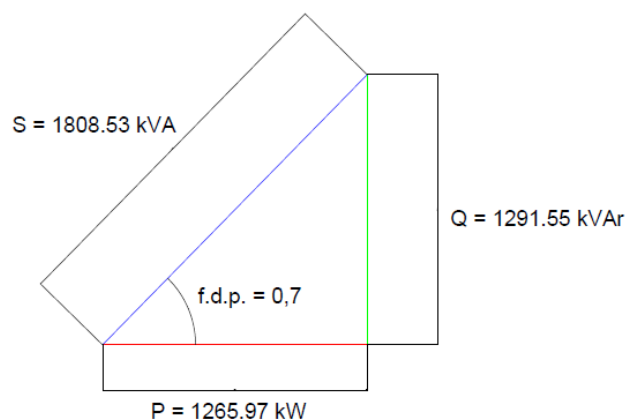
Considerando un factor de potencia de 0,7 para la situación inicial, es decir, sin batería de condensadores, tendremos un triángulo de potencias:

$$P_{Simultánea} = 1265,97 \text{ kW} \rightarrow$$

$$\rightarrow S_{Simultánea} = \frac{P_{Simultánea}}{\cos \varphi} = \frac{1265,97}{0,7} = 1808,53 \text{ kVA}$$

$$S_{Simultánea} = \sqrt{P_{Simultánea}^2 + Q_{Simultánea}^2} \rightarrow$$

$$\begin{aligned} \rightarrow Q_{Simultánea}^{inicial} &= \sqrt{S_{Simultánea}^2 - P_{Simultánea}^2} = \\ &= \sqrt{1808,53^2 - 1265,97^2} = 1291,55 \text{ kVAr} \end{aligned}$$





Ahora queremos compensar esa reactiva de forma que consigamos un factor de potencia de 0,96. Con dicho factor de potencia tendremos un triángulo de potencias tal que:

$$P_{Simultánea} = 1265,97 \text{ kW} \rightarrow$$

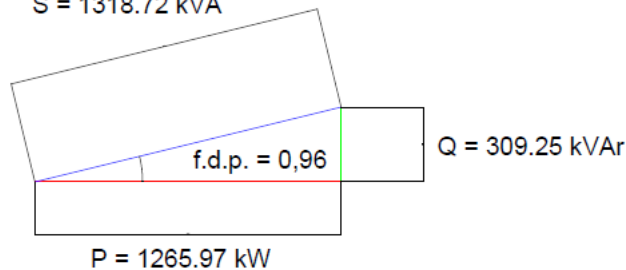
$$\rightarrow S_{Simultánea} = \frac{P_{Simultánea}}{\cos \varphi} = \frac{1265,97}{0,96} = 1318,72 \text{ kVA}$$

$$S_{Simultánea} = \sqrt{P_{Simultánea}^2 + Q_{Simultánea}^2} \rightarrow$$

$$\rightarrow Q_{Simultánea}^{final} = \sqrt{S_{Simultánea}^2 - P_{Simultánea}^2} =$$

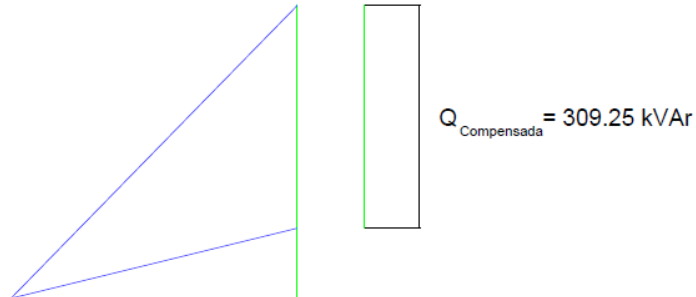
$$= \sqrt{1318,72^2 - 1265,97^2} = 309,25 \text{ kVAr}$$

$$S = 1318,72 \text{ kVA}$$



Por lo tanto tendremos que compensar será la diferencia de la energía reactiva que absorbía la instalación inicialmente menos la energía reactiva que absorberá después de la compensación, es decir:

$$Q_{compensada} = Q_{Simultánea}^{final} - Q_{Simultánea}^{inicial} = 982,3 \text{ kVAr}$$



La capacidad de los condensadores deberá ser:

$$\frac{Q_{compensada}}{3} = \frac{Q_{condensadores}}{3} = \omega \cdot C \cdot U_{Cond}^2$$
$$C = \frac{Q_{condensadores}}{3 \cdot \omega \cdot U_{Cond}^2} = \frac{982.3 \text{ kVA}}{3 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 400^2} = 6.514 \text{ mF}$$

Al despejar la capacidad de los condensadores, y sustituyendo los datos por su valor, obtenemos que la capacidad de los condensadores debe ser de 6,514 mF.





**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

#### 4. DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

|                |           |
|----------------|-----------|
| S1 S.GRALES    | 276639 W  |
| S2 M. PRIMA    | 80000 W   |
| S3 PRE. M. P.  | 50000 W   |
| S4 AMASADO     | 55200 W   |
| S5 PRENSADO    | 110400 W  |
| S6 SECADO      | 99360 W   |
| S7 ESMALTADO   | 120000 W  |
| S8 COCCION     | 390000 W  |
| S9 ALMACEN     | 24000 W   |
| S11 ANEXOS     | 45900 W   |
| S12 EMERG. AL. | 5474 W    |
| S13 EMERG. FZA | 9000 W    |
| TOTAL....      | 1265973 W |

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 41893

- Potencia Instalada Fuerza (W): 1224080

- Potencia Máxima Admisible (kVA): 1600



5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Cuadro General de Mando y Protección

Tabla 9 - RESULTADOS CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN

| Denominación                                | P.Cálculo (W) | Dist.Cálc. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | Dimensiones(mm) Tubo, Canal, Band. |
|---|---------------|----------------|----------------------------|---------------|------------|------------------------------------|
| Centro de Transform                         | 1536000       | 4              | 7(3x240/120) Al            | 2309.47       | 2485       | 300x100                            |
| ACOMETIDA (SUM.COMPLEMENTARIO)              | 55107.36      | 60             | 3x50/25 Al                 | 82.86         | 115        | 110                                |
| LINEA GENERAL ALIMENT. (SUM.COMPLEMENTARIO) | 55107.36      | 5              | 4x35+TTx16 Cu              | 82.86         | 119        | 110                                |
| DERIVACION IND. (SUM.COMPLEMENTARIO)        | 55107.36      | 10             | 4x35+TTx16 Cu              | 82.86         | 119        | 75                                 |
| S1 S.GRALES                                 | 184648.52     | 8              | 4x240+TTx120 Cu            | 296.14        | 315        |                                    |
| S2 M. PRIMA                                 | 56000         | 20             | 4x50+TTx25 Cu              | 101.04        | 117        | 63                                 |
| S3 PRE. M. P.                               | 35000         | 20             | 4x25+TTx16 Cu              | 63.15         | 77         | 50                                 |
| S4 AMASADO                                  | 48760         | 60             | 4x35+TTx16 Cu              | 87.98         | 96         | 50                                 |
| S5 PRENSADO                                 | 86480         | 90             | 4x95+TTx50 Cu              | 156.03        | 180        | 75                                 |
| S6 SECADO                                   | 74152         | 170            | 4x70+TTx35 Cu              | 133.79        | 149        | 63                                 |
| S7 ESMALTADO                                | 96000         | 230            | 4x95+TTx50 Cu              | 173.21        | 180        | 75                                 |



|                   |         |     |                    |         |      |    |
|-------------------|---------|-----|--------------------|---------|------|----|
| S8 COCCION        | 273000  | 155 | 2(4x185+TTx95) Cu  | 492.57  | 536  |    |
| S9 ALMACEN        | 16800   | 75  | 4x6+TTx6 Cu        | 26.94   | 32   | 25 |
| Bat. Cond.        | 1265973 | 8   | 4(3x240+TTx120) Cu | 1256.29 | 1260 |    |
| S11 ANEXOS        | 45603.9 | 220 | 4x35+TTx16 Cu      | 73.14   | 96   | 50 |
| S12 EMERG.<br>AL. | 9213.2  | 10  | 4x2.5+TTx2.5 Cu    | 13.3    | 18.5 | 20 |
| S13 EMERG.<br>FZA | 2700    | 10  | 4x2.5+TTx2.5 Cu    | 4.33    | 18.5 | 20 |

#### Subcuadro S1 S.GRALES

- Potencia total instalada:

|                  |          |
|------------------|----------|
| S1.1 AUX. C.T.   | 5756 W   |
| S1.2 ALUMBRADO   | 30963 W  |
| S1.3 FUERZA      | 78000 W  |
| S1.4 CAM. CALEF. | 117760 W |
| S1.5 AGUA        | 44160 W  |
| TOTAL....        | 276639 W |

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 31219

- Potencia Instalada Fuerza (W): 245420



Tabla 10 - RESULTADOS SUBCUADRO S1 S.GRALES

| Denominación     | P.Cálculo (W) | Dist.Cálc. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | Dimensiones(mm) Tubo, Canal, Band. |
|------------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|------------|------------------------------------|
| S1.1 AUX. C.T.   | 4172.56       | 8              | 4x2.5+TTx2.5Cu             | 6.69          | 18.5       | 20                                 |
| S1.2 ALUMBRADO   | 55733.4       | 10             | 4x35+TTx16Cu               | 80.45         | 96         | 50                                 |
| S1.3 FUERZA      | 23400         | 10             | 4x16+TTx16Cu               | 37.53         | 59         | 40                                 |
| S1.4 CAM. CALEF. | 97888         | 10             | 4x95+TTx50Cu               | 176.62        | 180        | 75                                 |
| S1.5 AGUA        | 29256         | 30             | 4x25+TTx16Cu               | 52.79         | 77         | 50                                 |

**Subcuadro S1.1 AUX. C.T.**

- Potencia total instalada:

|                  |        |
|------------------|--------|
| S1.1.1 AL. C.T.  | 256 W  |
| S1.1.2 TC C.T.   | 3000 W |
| S1.1.3 VENTILAC. | 1500 W |
| S1.1.4 BAT. C.C. | 1000 W |
| TOTAL....        | 5756 W |

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 256

- Potencia Instalada Fuerza (W): 5500



Tabla 11 - RESULTADOS SUBCUADRO S1.1 AUX. C.T.

| Denominación     | P.Cálculo (W) | Dist.Cálc. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | Dimensiones(mm) Tubo, Canal, Band. |
|------------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|------------|------------------------------------|
| S1.1.1 AL. C.T.  | 460.8         | 10             | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 2             | 15         | 16                                 |
| S1.1.2 TC C.T.   | 3000          | 8              | 2x2.5+TTx2.5Cu             | 14.49         | 21         | 20                                 |
| S1.1.3 VENTILAC. | 1500          | 10             | 4x2.5+TTx2.5Cu             | 2.71          | 18.5       | 20                                 |
| S1.1.4 BAT. C.C. | 1000          | 8              | 2x2.5+TTx2.5Cu             | 4.83          | 21         | 20                                 |

### Subcuadro S1.2 ALUMBRADO

- Potencia total instalada:

|                     |        |
|---------------------|--------|
| S1.2.1 AL. N Z1 C1  | 2200 W |
| S1.2.2 AL. N Z1 C2  | 2200 W |
| S1.2.3 AL. N Z1 C3  | 2200 W |
| S1.2.4 AL. N Z2 C1  | 2200 W |
| S1.2.5 AL. N Z2 C2  | 2200 W |
| S1.2.6 AL. N Z2 C3  | 2200 W |
| S1.2.7 AL. N Z3 C1  | 2200 W |
| S1.2.8 AL. N Z3 C2  | 2200 W |
| S1.2.9 AL. N Z3 C3  | 2200 W |
| S1.2.10 AL. N Z4 C1 | 2200 W |
| S1.2.11 AL. N Z4 C2 | 2200 W |
| S1.2.12 AL. N Z4 C3 | 2200 W |



|                    |         |
|--------------------|---------|
| S1.2.13 AL. SG C1  | 256 W   |
| S1.2.14 AL. SG C2  | 256 W   |
| S1.2.15 AL. SG C3  | 256 W   |
| S1.2.16 AL. PMP C1 | 440 W   |
| S1.2.17 AL. PMP C2 | 440 W   |
| S1.2.18 AL. PMP C3 | 440 W   |
| S1.2.19 AL. AMP C1 | 825 W   |
| S1.2.20 AL. AMP C2 | 825 W   |
| S1.2.21 AL. AMP C3 | 825 W   |
| TOTAL....          | 30963 W |

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 30963

Tabla 12 - RESULTADOS S1.2 ALUMBRADO

| Denominación       | P.Cálculo (W) | Dist.Cálc. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | Dimensiones(mm) Tubo, Canal, Band. |
|--------------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|------------|------------------------------------|
| S1.2.1 AL. N Z1 C1 | 3960          | 150            | 4x1.5+TTx1.5Cu             | 5.72          | 13.5       | 20                                 |
| S1.2.2 AL. N Z1 C2 | 3960          | 135            | 4x1.5+TTx1.5Cu             | 5.72          | 13.5       | 20                                 |
| S1.2.3 AL. N Z1 C3 | 3960          | 120            | 4x1.5+TTx1.5Cu             | 5.72          | 13.5       | 20                                 |
| S1.2.4 AL. N Z2 C1 | 3960          | 250            | 4x2.5+TTx2.5Cu             | 5.72          | 18.5       | 20                                 |
| S1.2.5 AL. N Z2 C2 | 3960          | 235            | 4x2.5+TTx2.5Cu             | 5.72          | 18.5       | 20                                 |
| S1.2.6 AL. N Z2 C3 | 3960          | 220            | 4x2.5+TTx2.5Cu             | 5.72          | 18.5       | 20                                 |
| S1.2.7 AL. N Z3 C1 | 3960          | 250            | 4x2.5+TTx2.5Cu             | 5.72          | 18.5       | 20                                 |
| S1.2.8 AL. N Z3 C2 | 3960          | 235            | 4x2.5+TTx2.5Cu             | 5.72          | 18.5       | 20                                 |



|                     |       |     |                |      |      |    |
|---------------------|-------|-----|----------------|------|------|----|
| S1.2.9 AL. N Z3 C3  | 3960  | 220 | 4x2.5+TTx2.5Cu | 5.72 | 18.5 | 20 |
| S1.2.10 AL. N Z4 C1 | 3960  | 150 | 4x1.5+TTx1.5Cu | 5.72 | 13.5 | 20 |
| S1.2.11 AL. N Z4 C2 | 3960  | 135 | 4x1.5+TTx1.5Cu | 5.72 | 13.5 | 20 |
| S1.2.12 AL. N Z4 C3 | 3960  | 120 | 4x1.5+TTx1.5Cu | 5.72 | 13.5 | 20 |
| S1.2.13 AL. SG C1   | 460.8 | 10  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 2    | 15   | 16 |
| S1.2.14 AL. SG C2   | 460.8 | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 2    | 15   | 16 |
| S1.2.15 AL. SG C3   | 460.8 | 30  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 2    | 15   | 16 |
| S1.2.16 AL. PMP C1  | 792   | 10  | 4x1.5+TTx1.5Cu | 1.14 | 13.5 | 20 |
| S1.2.17 AL. PMP C2  | 792   | 20  | 4x1.5+TTx1.5Cu | 1.14 | 13.5 | 20 |
| S1.2.18 AL. PMP C3  | 792   | 30  | 4x1.5+TTx1.5Cu | 1.14 | 13.5 | 20 |
| S1.2.19 AL. AMP C1  | 1485  | 70  | 4x1.5+TTx1.5Cu | 2.14 | 13.5 | 20 |
| S1.2.20 AL. AMP C2  | 1485  | 45  | 4x1.5+TTx1.5Cu | 2.14 | 13.5 | 20 |
| S1.2.21 AL. AMP C3  | 1485  | 70  | 4x1.5+TTx1.5Cu | 2.14 | 13.5 | 20 |

**Subcuadro S1.3 FUERZA**

- Potencia total instalada:

|                   |         |
|-------------------|---------|
| S1.3.1 TC NAVE Z1 | 15000 W |
| S1.3.2 TC NAVE Z2 | 15000 W |
| S1.3.3 TC NAVE Z3 | 15000 W |
| S1.3.4 TC NAVE Z4 | 15000 W |
| S1.3.5 TC SG      | 9000 W  |
| S1.3.6 TC PRE MP  | 9000 W  |
| TOTAL....         | 78000 W |

- Potencia Instalada Fuerza (W): 78000



Tabla 13 - RESULTADOS SUBCUADRO S1.3 FUERZA

| Denominación      | P. Cálculo (W) | Dist. Cálc. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I. Cálculo (A) | I. Adm. (A) | Dimensiones (mm) Tubo, Canal, Band. |
|-------------------|----------------|-----------------|----------------------------|----------------|-------------|-------------------------------------|
| S1.3.1 TC NAVE Z1 | 15000          | 140             | 4x6+TTx6Cu                 | 24.06          | 32          | 25                                  |
| S1.3.2 TC NAVE Z2 | 15000          | 240             | 4x10+TTx10Cu               | 24.06          | 44          | 32                                  |
| S1.3.3 TC NAVE Z3 | 15000          | 240             | 4x10+TTx10Cu               | 24.06          | 44          | 32                                  |
| S1.3.4 TC NAVE Z4 | 15000          | 140             | 4x6+TTx6Cu                 | 24.06          | 32          | 25                                  |
| S1.3.5 TC SG      | 9000           | 20              | 4x2.5+TTx2.5Cu             | 14.43          | 18.5        | 20                                  |
| S1.3.6 TC PRE MP  | 9000           | 20              | 4x2.5+TTx2.5Cu             | 14.43          | 18.5        | 20                                  |

**Subcuadro S1.4 CAM. CALEF.**

- Potencia total instalada:

|                    |          |
|--------------------|----------|
| S1.4.1 CAL. 1 N Z1 | 14720 W  |
| S1.4.2 CAL. 2 N Z1 | 14720 W  |
| S1.4.3 CAL. 1 N Z2 | 14720 W  |
| S1.4.4 CAL. 2 N Z2 | 14720 W  |
| S1.4.5 CAL. 1 N Z3 | 14720 W  |
| S1.4.6 CAL. 2 N Z3 | 14720 W  |
| S1.4.7 CAL. 1 N Z4 | 14720 W  |
| S1.4.8 CAL. 2 N Z4 | 14720 W  |
| TOTAL....          | 117760 W |

- Potencia Instalada Fuerza (W): 117760





Tabla 14 - RESULTADOS SUBCUADRO S1.4 CAM. CALEF.

| Denominación       | P.Cálculo (W) | Dist.Cálc. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | Dimensiones(mm) Tubo, Canal, Band. |
|--------------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|------------|------------------------------------|
| S1.4.1 CAL. 1 N Z1 | 18400         | 80             | 4x10+TTx10Cu               | 33.2          | 44         | 32                                 |
| S1.4.2 CAL. 2 N Z1 | 18400         | 130            | 4x10+TTx10Cu               | 33.2          | 44         | 32                                 |
| S1.4.3 CAL. 1 N Z2 | 18400         | 180            | 4x10+TTx10Cu               | 33.2          | 44         | 32                                 |
| S1.4.4 CAL. 2 N Z2 | 18400         | 230            | 3x10+TTx10Cu               | 33.2          | 44         | 32                                 |
| S1.4.5 CAL. 1 N Z3 | 18400         | 230            | 4x10+TTx10Cu               | 33.2          | 44         | 32                                 |
| S1.4.6 CAL. 2 N Z3 | 18400         | 180            | 4x10+TTx10Cu               | 33.2          | 44         | 32                                 |
| S1.4.7 CAL. 1 N Z4 | 18400         | 130            | 4x10+TTx10Cu               | 33.2          | 44         | 32                                 |
| S1.4.8 CAL. 2 N Z4 | 18400         | 80             | 4x10+TTx10Cu               | 33.2          | 44         | 32                                 |

**Subcuadro S1.5 AGUA**

- Potencia total instalada:

|               |         |
|---------------|---------|
| S1.5.1 AGUA 1 | 11040 W |
| S1.5.2 AGUA 2 | 11040 W |
| S1.5.3 AGUA 3 | 11040 W |
| S1.5.4 AGUA 4 | 11040 W |
| TOTAL....     | 44160 W |

- Potencia Instalada Fuerza (W): 44160



Tabla 15 - RESULTADOS SUBCUADRO S1.5 AGUA

| Denominación  | P.Cálculo (W) | Dist.Cálc. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | Dimensiones(mm) Tubo, Canal, Band. |
|---------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|------------|------------------------------------|
| S1.5.1 AGUA 1 | 13800         | 24             | 4x6+TTx6Cu                 | 24.9          | 32         | 25                                 |
| S1.5.2 AGUA 2 | 13800         | 26             | 4x6+TTx6Cu                 | 24.9          | 32         | 25                                 |
| S1.5.3 AGUA 3 | 13800         | 28             | 4x6+TTx6Cu                 | 24.9          | 32         | 25                                 |
| S1.5.4 AGUA 4 | 13800         | 30             | 4x6+TTx6Cu                 | 24.9          | 32         | 25                                 |

**Subcuadro S2 M. PRIMA**

- Potencia total instalada:

|                  |         |
|------------------|---------|
| S2.1 M. PRIMA TR | 50000 W |
| S2.2 M. PRIMA HO | 30000 W |
| TOTAL....        | 80000 W |

- Potencia Instalada Fuerza (W): 80000

Tabla 16 - RESULTADOS SUBCUADRO S2 M.PRIMA

| Denominación     | P.Cálculo (W) | Dist.Cálc. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | Dimensiones(mm) Tubo, Canal, Band. |
|------------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|------------|------------------------------------|
| S2.1 M. PRIMA TR | 50000         | 30             | 4x35+TTx16Cu               | 90.21         | 96         | 50                                 |
| S2.2 M. PRIMA HO | 30000         | 30             | 4x25+TTx16Cu               | 54.13         | 77         | 50                                 |



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

**Subcuadro S3 PRE. M. P.**

- Potencia total instalada:

|                  |         |
|------------------|---------|
| S3.1 P. M. P. MO | 40000 W |
| S3.2 P. M. P. AT | 10000 W |
| TOTAL....        | 50000 W |

- Potencia Instalada Fuerza (W): 50000

Tabla 17 - RESULTADOS SUBCUADRO S3 PRE. M. P.

| Denominación     | P. Cálculo (W) | Dist. Cálculo (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I. Cálculo (A) | I. Adm. (A) | Dimensiones (mm) Tubo, Canal, Band. |
|------------------|----------------|-------------------|----------------------------|----------------|-------------|-------------------------------------|
| S3.1 P. M. P. MO | 40000          | 20                | 4x25+TTx16Cu               | 72.17          | 77          | 50                                  |
| S3.2 P. M. P. AT | 10000          | 10                | 4x4+TTx4Cu                 | 18.04          | 24          | 25                                  |



### Subcuadro S4 AMASADO

- Potencia total instalada:

|                |         |
|----------------|---------|
| S4.1 AMASADO 1 | 18400 W |
| S4.2 AMASADO 2 | 18400 W |
| S4.3 AMASADO 3 | 18400 W |
| TOTAL....      | 55200 W |

- Potencia Instalada Fuerza (W): 55200

Tabla 18 - RESULTADOS SUBCUADRO S4 AMASADO

| Denominación   | P.Cálculo (W) | Dist.Cálc. (m) | Sección<br>(mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | Dimensiones(mm)<br>Tubo, Canal, Band. |
|----------------|---------------|----------------|-------------------------------|---------------|------------|---------------------------------------|
| S4.1 AMASADO 1 | 23000         | 10             | 4x16+TTx16Cu                  | 41.5          | 59         | 40                                    |
| S4.2 AMASADO 2 | 23000         | 20             | 4x16+TTx16Cu                  | 41.5          | 59         | 40                                    |
| S4.3 AMASADO 3 | 23000         | 30             | 4x16+TTx16Cu                  | 41.5          | 59         | 40                                    |



### Subcuadro S5 PRENSADO

#### DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

|                 |          |
|-----------------|----------|
| S5.1 PRENSADO 1 | 36800 W  |
| S5.2 PRENSADO 2 | 36800 W  |
| S5.3 PRENSADO 3 | 36800 W  |
| TOTAL....       | 110400 W |

- Potencia Instalada Fuerza (W): 110400

Tabla 19 - RESULTADOS SUBCUADRO S5 PRENSADO

| Denominación    | P.Cálculo (W) | Dist.Cálc. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | Dimensiones(mm) Tubo, Canal, Band. |
|-----------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|------------|------------------------------------|
| S5.1 PRENSADO 1 | 46000         | 30             | 4x35+TTx16Cu               | 83            | 96         | 50                                 |
| S5.2 PRENSADO 2 | 46000         | 40             | 4x35+TTx16Cu               | 83            | 96         | 50                                 |
| S5.3 PRENSADO 3 | 46000         | 50             | 4x35+TTx16Cu               | 83            | 96         | 50                                 |



Subcuadro S6 SECADO

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

|               |         |
|---------------|---------|
| S6.1 SECADO 1 | 33120 W |
| S6.2 SECADO 2 | 33120 W |
| S6.3 SECADO 3 | 33120 W |
| TOTAL....     | 99360 W |

- Potencia Instalada Fuerza (W): 99360

Tabla 20 - RESULTADOS SUBCUADRO S6 SECADO

| Denominación  | P.Cálculo (W) | Dist.Cálc. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | Dimensiones(mm) Tubo, Canal, Band. |
|---------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|------------|------------------------------------|
| S6.1 SECADO 1 | 37720         | 60             | 4x25+TTx16Cu               | 68.06         | 77         | 50                                 |
| S6.2 SECADO 2 | 37720         | 70             | 4x25+TTx16Cu               | 68.06         | 77         | 50                                 |
| S6.3 SECADO 3 | 37720         | 80             | 4x25+TTx16Cu               | 68.06         | 77         | 50                                 |



### Subcuadro S7 ESMALTADO

#### DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

|                |          |
|----------------|----------|
| S7.1 FRITADO   | 90000 W  |
| S7.2 ESMALTADO | 30000 W  |
| TOTAL....      | 120000 W |

- Potencia Instalada Fuerza (W): 120000

Tabla 21 - RESULTADOS SUBCUADRO S7 ESMALTADO

| Denominación   | P.Cálculo (W) | Dist.Cálc. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | Dimensiones(mm)<br>Tubo, Canal, Band. |
|----------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|------------|---------------------------------------|
| S7.1 FRITADO   | 72000         | 8              | 4x70+TTx35Cu               | 129.91        | 149        | 63                                    |
| S7.2 ESMALTADO | 24000         | 16             | 4x16+TTx16Cu               | 43.3          | 59         | 40                                    |



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**Subcuadro S7.1 FRITADO**

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

|                  |         |
|------------------|---------|
| S7.1.1 FRITADO 1 | 30000 W |
| S7.1.2 FRITADO 2 | 30000 W |
| S7.1.3 FRITADO 3 | 30000 W |
| TOTAL....        | 90000 W |

- Potencia Instalada Fuerza (W): 90000

**Tabla 22 - RESULTADOS SUBCUADRO S7.1 FRITADO**

| Denominación     | P.Cálculo (W) | Dist.Cálc. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | Dimensiones(mm) Tubo, Canal, Band. |
|------------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|------------|------------------------------------|
| S7.1.1 FRITADO 1 | 30000         | 10             | 4x25+TTx16Cu               | 54.13         | 77         | 50                                 |
| S7.1.2 FRITADO 2 | 30000         | 20             | 4x25+TTx16Cu               | 54.13         | 77         | 50                                 |
| S7.1.3 FRITADO 3 | 30000         | 30             | 4x25+TTx16Cu               | 54.13         | 77         | 50                                 |





### Subcuadro S7.2 ESMALTADO

- Potencia total instalada:

|                  |         |
|------------------|---------|
| S7.2.1 ESMALT. 1 | 10000 W |
| S7.2.2 ESMALT. 2 | 10000 W |
| S7.2.3 ESMALT. 3 | 10000 W |
| TOTAL....        | 30000 W |

- Potencia Instalada Fuerza (W): 30000

Tabla 23 - RESULTADOS SUBCUADRO S7.2 ESMALTADO

| Denominación     | P.Cálculo (W) | Dist.Cálc. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | Dimensiones(mm) Tubo, Canal, Band. |
|------------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|------------|------------------------------------|
| S7.2.1 ESMALT. 1 | 10000         | 40             | 4x4+TTx4Cu                 | 18.04         | 24         | 25                                 |
| S7.2.2 ESMALT. 2 | 10000         | 50             | 4x4+TTx4Cu                 | 18.04         | 24         | 25                                 |
| S7.2.3 ESMALT. 3 | 10000         | 60             | 4x4+TTx4Cu                 | 18.04         | 24         | 25                                 |



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

### Subcuadro S8 COCCION

- Potencia total instalada:

|                 |          |
|-----------------|----------|
| S8.1 PRECALENT. | 120000 W |
| S8.2 COCCION    | 180000 W |
| S8.3 ENFRIAM.   | 90000 W  |
| TOTAL....       | 390000 W |

- Potencia Instalada Fuerza (W): 390000

Tabla 24 - RESULTADOS SUBCUADRO S8 COCCIÓN

| Denominación    | P.Cálculo (W) | Dist.Cálc. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | Dimensiones(mm)<br>Tubo, Canal, Band. |
|-----------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|------------|---------------------------------------|
| S8.1 PRECALENT. | 84000         | 8              | 4x95+TTx50Cu               | 151.56        | 180        | 75                                    |
| S8.2 COCCION    | 126000        | 16             | 4x150+TTx95Cu              | 227.34        | 236        |                                       |
| S8.3 ENFRIAM.   | 63000         | 24             | 4x50+TTx25Cu               | 113.67        | 117        | 63                                    |



**Subcuadro S8.1 PRECALENT.**

- Potencia total instalada:

|                  |          |
|------------------|----------|
| S8.1.1 PRECAL. 1 | 40000 W  |
| S8.1.2 PRECAL. 2 | 40000 W  |
| S8.1.3 PRECAL. 3 | 40000 W  |
| TOTAL....        | 120000 W |

- Potencia Instalada Fuerza (W): 120000

Tabla 25 - RESULTADOS SUBCUADRO S8.1 PRECALENT.

| Denominación     | P.Cálculo (W) | Dist.Cálc. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | Dimensiones(mm) Tubo, Canal, Band. |
|------------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|------------|------------------------------------|
| S8.1.1 PRECAL. 1 | 40000         | 60             | 4x25+TTx16Cu               | 72.17         | 77         | 50                                 |
| S8.1.2 PRECAL. 2 | 40000         | 75             | 4x25+TTx16Cu               | 72.17         | 77         | 50                                 |
| S8.1.3 PRECAL. 3 | 40000         | 90             | 4x25+TTx16Cu               | 72.17         | 77         | 50                                 |



### Subcuadro S8.2 COCCION

- Potencia total instalada:

|                  |          |
|------------------|----------|
| S8.2.1 COCCION 1 | 60000 W  |
| S8.2.2 COCCION 2 | 60000 W  |
| S8.2.3 COCCION 3 | 60000 W  |
| TOTAL....        | 180000 W |

- Potencia Instalada Fuerza (W): 180000

Tabla 26 - RESULTADOS SUBCUADRO S8.2 COCCIÓN

| Denominación     | P.Cálculo (W) | Dist.Cálc. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | Dimensiones(mm)<br>Tubo, Canal, Band. |
|------------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|------------|---------------------------------------|
| S8.2.1 COCCION 1 | 60000         | 30             | 4x50+TTx25Cu               | 108.26        | 117        | 63                                    |
| S8.2.2 COCCION 2 | 60000         | 45             | 4x50+TTx25Cu               | 108.26        | 117        | 63                                    |
| S8.2.3 COCCION 3 | 60000         | 60             | 4x50+TTx25Cu               | 108.26        | 117        | 63                                    |



**Subcuadro S8.3 ENFRIAM.**

- Potencia total instalada:

|                   |         |
|-------------------|---------|
| S8.3.1 ENFRIAM. 1 | 30000 W |
| S8.3.2 ENFRIAM. 2 | 30000 W |
| S8.3.3 ENFRIAM. 3 | 30000 W |
| TOTAL....         | 90000 W |

- Potencia Instalada Fuerza (W): 90000

Tabla 27 - RESULTADOS SUBCUADRO S8.3 ENFRIAM.

| Denominación      | P. Cálculo (W) | Dist. Cál. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I. Cálculo (A) | I. Adm. (A) | Dimensiones (mm) Tubo, Canal, Band. |
|-------------------|----------------|----------------|----------------------------|----------------|-------------|-------------------------------------|
| S8.3.1 ENFRIAM. 1 | 30000          | 30             | 4x25+TTx16Cu               | 54.13          | 77          | 50                                  |
| S8.3.2 ENFRIAM. 2 | 30000          | 45             | 4x25+TTx16Cu               | 54.13          | 77          | 50                                  |
| S8.3.3 ENFRIAM. 3 | 30000          | 60             | 4x25+TTx16Cu               | 54.13          | 77          | 50                                  |



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

### Subcuadro S9 ALMACEN

- Potencia total instalada:

|                 |         |
|-----------------|---------|
| S9.1 ALM. CLAS. | 8000 W  |
| S9.2 ALM. EMB.  | 10000 W |
| S9.3 ALM. ALMA. | 6000 W  |
| TOTAL....       | 24000 W |

- Potencia Instalada Fuerza (W): 24000

Tabla 28 - RESULTADOS SUBCUADRO S9 ALMACÉN

| Denominación    | P.Cálculo (W) | Dist.Cálc. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | Dimensiones(mm)<br>Tubo, Canal, Band. |
|-----------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|------------|---------------------------------------|
| S9.1 ALM. CLAS. | 8000          | 30             | 4x2.5+TTx2.5Cu             | 14.43         | 18.5       | 20                                    |
| S9.2 ALM. EMB.  | 10000         | 40             | 4x4+TTx4Cu                 | 18.04         | 24         | 25                                    |
| S9.3 ALM. ALMA. | 6000          | 50             | 4x2.5+TTx2.5Cu             | 10.83         | 18.5       | 20                                    |



### Subcuadro S11 ANEXOS

- Potencia total instalada:

|                 |         |
|-----------------|---------|
| S11.1 OFICINAS  | 22640 W |
| S11.2 S CONTROL | 9980 W  |
| S11.3 SERV VEST | 13280 W |
| TOTAL....       | 45900 W |

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 5200

- Potencia Instalada Fuerza (W): 40700

Tabla 29 - RESULTADOS SUBCUADRO S11 ANEXOS

| Denominación    | P.Cálculo (W) | Dist.Cálc. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | Dimensiones(mm) Tubo, Canal, Band. |
|-----------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|------------|------------------------------------|
| S11.1 OFICINAS  | 22219.2       | 3              | 4x16+TTx16Cu               | 35.64         | 59         | 40                                 |
| S11.2 S CONTROL | 9343.2        | 40             | 4x16+TTx16Cu               | 14.98         | 59         | 40                                 |
| S11.3 SERV VEST | 12873.6       | 40             | 4x16+TTx16Cu               | 20.65         | 59         | 40                                 |



### Subcuadro S11.1 OFICINAS

- Potencia total instalada:

|                  |         |
|------------------|---------|
| S11.1.1 AL. OFIC | 2640 W  |
| S11.1.2 FZA OFIC | 20000 W |
| TOTAL....        | 22640 W |

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 2640

- Potencia Instalada Fuerza (W): 20000

Tabla 30 - RESULTADOS SUBCUADRO S11.1 OFICINAS

| Denominación     | P.Cálculo (W) | Dist.Cálc. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | Dimensiones(mm)<br>Tubo, Canal, Band. |
|------------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|------------|---------------------------------------|
| S11.1.1 AL. OFIC | 4688          | 3              | 4x2.5+TTx2.5Cu             | 6.77          | 18.5       | 20                                    |
| S11.1.2 FZA OFIC | 16000         | 4              | 4x16+TTx16Cu               | 25.66         | 59         | 40                                    |





**Subcuadro S11.1.1 AL. OFIC**

- Potencia total instalada:

|                     |        |
|---------------------|--------|
| S11.1.1.1 AL. OF Z1 | 1280 W |
| S11.1.1.2 AL. OF Z2 | 1280 W |
| S11.1.1.3 AL. OF EV | 80 W   |
| TOTAL....           | 2640 W |

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 2640

Tabla 31 - RESULTADOS SUBCUADRO S11.1.1 AL. OFIC

| Denominación        | P.Cálculo (W) | Dist.Cálc. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | Dimensiones(mm)<br>Tubo, Canal, Band. |
|---------------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|------------|---------------------------------------|
| S11.1.1.1 AL. OF Z1 | 2304          | 25             | 4x2.5+TTx2.5Cu             | 3.33          | 18.5       | 20                                    |
| S11.1.1.2 AL. OF Z2 | 2304          | 25             | 4x2.5+TTx2.5Cu             | 3.33          | 18.5       | 20                                    |
| S11.1.1.3 AL. OF EV | 80            | 25             | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 0.35          | 15         | 16                                    |



**Subcuadro S11.1.2 FZA OFIC**

- Potencia total instalada:

|                    |         |
|--------------------|---------|
| S11.1.2.1 TC OF Z1 | 10000 W |
| S11.1.2.2 TC OF Z2 | 10000 W |
| TOTAL....          | 20000 W |

- Potencia Instalada Fuerza (W): 20000

Tabla 32 - RESULTADOS SUBCUADRO S11.1.2 FZA OFIC

| Denominación       | P.Cálculo (W) | Dist.Cálc. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | Dimensiones(mm)<br>Tubo, Canal, Band. |
|--------------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|------------|---------------------------------------|
| S11.1.2.1 TC OF Z1 | 10000         | 25             | 2x10+TTx10Cu               | 48.31         | 50         | 25                                    |
| S11.1.2.2 TC OF Z2 | 10000         | 25             | 2x10+TTx10Cu               | 48.31         | 50         | 25                                    |



### Subcuadro S11.2 S CONTROL

- Potencia total instalada:

|                  |        |
|------------------|--------|
| S11.2.1 AL. CONT | 1280 W |
| S11.2.2 FZA CONT | 8700 W |
| TOTAL....        | 9980 W |

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 1280

- Potencia Instalada Fuerza (W): 8700

Tabla 33 - RESULTADOS SUBCUADRO S11.2 S CONTROL

| Denominación     | P.Cálculo (W) | Dist. Cál. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | Dimensiones(mm)<br>Tubo, Canal, Band. |
|------------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|------------|---------------------------------------|
| S11.2.1 AL. CONT | 2304          | 3              | 4x6+TTx6Cu                 | 4.16          | 32         | 25                                    |
| S11.2.2 FZA CONT | 7500          | 4              | 4x4+TTx4Cu                 | 12.03         | 24         | 25                                    |



**Subcuadro S11.2.1 AL. CONT**

- Potencia total instalada:

|                     |        |
|---------------------|--------|
| S11.2.1.1 AL. CO Z1 | 640 W  |
| S11.2.1.2 AL. CO Z2 | 640 W  |
| TOTAL....           | 1280 W |

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 1280

Tabla 34 - RESULTADOS SUBCUADRO S11.2.1 AL CONT

| Denominación        | P.Cálculo (W) | Dist.Cálc. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | Dimensiones(mm)<br>Tubo, Canal, Band. |
|---------------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|------------|---------------------------------------|
| S11.2.1.1 AL. CO Z1 | 1152          | 15             | 4x1.5+TTx1.5Cu             | 1.66          | 13.5       | 20                                    |
| S11.2.1.2 AL. CO Z2 | 1152          | 15             | 4x1.5+TTx1.5Cu             | 1.66          | 13.5       | 20                                    |



### Subcuadro S11.2.2 FZA CONT

- Potencia total instalada:

|                  |        |
|------------------|--------|
| S11.2.2.1 TC CO  | 6000 W |
| S11.2.2.2 SAI CO | 2700 W |
| TOTAL....        | 8700 W |

- Potencia Instalada Fuerza (W): 8700

Tabla 35 - RESULTADOS SUBCUADRO S11.2.2 FZA CONT

| Denominación     | P.Cálculo (W) | Dist.Cálc. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | Dimensiones(mm)<br>Tubo, Canal, Band. |
|------------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|------------|---------------------------------------|
| S11.2.2.1 TC CO  | 6000          | 15             | 4x2.5+TTx2.5Cu             | 9.62          | 18.5       | 20                                    |
| S11.2.2.2 SAI CO | 3375          | 15             | 2x2.5+TTx2.5Cu             | 16.3          | 21         | 20                                    |



### Subcuadro S11.3 SERV VEST

- Potencia total instalada:

S11.3.1 AL. S V 1280 W

S11.3.2 FZA S V 12000 W

TOTAL..... 13280 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 1280

- Potencia Instalada Fuerza (W): 12000

Tabla 36 - RESULTADOS SUBCUADRO S11.3 SERV VEST

| Denominación    | P.Cálculo (W) | Dist.Cálc. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | Dimensiones(mm) Tubo, Canal, Band. |
|-----------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|------------|------------------------------------|
| S11.3.1 AL. S V | 2304          | 3              | 4x6+TTx6Cu                 | 3.33          | 32         | 25                                 |
| S11.3.2 FZA S V | 9600          | 4              | 4x6+TTx6Cu                 | 15.4          | 32         | 25                                 |



### Subcuadro S11.3.1 AL. S V

- Potencia total instalada:

S11.3.1.1 AL. SV Z1 640 W

S11.3.1.2 AL. SV Z2 640 W

TOTAL.... 1280 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 1280

Tabla 37 - RESULTADOS SUBCUADRO S11.3.1 AL SV

| Denominación        | P.Cálculo (W) | Dist.Cálc. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | Dimensiones(mm) Tubo, Canal, Band. |
|---------------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|------------|------------------------------------|
| S11.3.1.1 AL. SV Z1 | 1152          | 15             | 4x4+TTx4Cu                 | 1.66          | 24         | 25                                 |
| S11.3.1.2 AL. SV Z2 | 1152          | 15             | 4x4+TTx4Cu                 | 1.66          | 24         | 25                                 |



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

### Subcuadro S11.3.2 FZA S V

- Potencia total instalada:

|                    |         |
|--------------------|---------|
| S11.3.2.1 TC SV Z1 | 6000 W  |
| S11.3.2.2 TC SV Z2 | 6000 W  |
| TOTAL....          | 12000 W |

- Potencia Instalada Fuerza (W): 12000

Tabla 38 - RESULTADOS SUBCUADRO S11.3.2 FZA SV

| Denominación       | P.Cálculo (W) | Dist.Cálc. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | Dimensiones(mm) Tubo, Canal, Band. |
|--------------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|------------|------------------------------------|
| S11.3.2.1 TC SV Z1 | 6000          | 15             | 2x6+TTx6Cu                 | 28.99         | 36         | 25                                 |
| S11.3.2.2 TC SV Z2 | 6000          | 15             | 2x6+TTx6Cu                 | 28.99         | 36         | 25                                 |





Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

### Subcuadro S12 EMERG. AL.

- Potencia total instalada:

|                  |        |
|------------------|--------|
| S12.1 AL C.T.    | 128 W  |
| S12.2 AL COGEN.  | 128 W  |
| S12.3 AL AGUA    | 128 W  |
| S12.4 VIG. ZON1  | 660 W  |
| S12.4 VIG. ZON2  | 660 W  |
| S12.6 VIG. ZON3  | 660 W  |
| S12.7 VIG. ZON4  | 660 W  |
| S12.8 EVA. ZON1  | 100 W  |
| S12.9 EVA. ZON2  | 100 W  |
| S12.10 EVA. ZON3 | 100 W  |
| S12.11 EVA. ZON4 | 100 W  |
| S12.12 ANT. ZON1 | 100 W  |
| S12.13 ANT. ZON2 | 100 W  |
| S12.14 ANT. ZON3 | 100 W  |
| S12.15 ANT. ZON4 | 100 W  |
| S12.16 EXT. ZON1 | 825 W  |
| S12.16 EXT. ZON1 | 825 W  |
| TOTAL....        | 5474 W |

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 5474



Tabla 39 - RESULTADOS SUBCUADRO S12 EMERG.AL

| Denominación     | P.Cálculo (W) | Dist.Cálc. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | Dimensiones(mm)<br>Tubo, Canal, Band. |
|------------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|------------|---------------------------------------|
| S12.1 AL C.T.    | 230.4         | 10             | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 1             | 15         | 16                                    |
| S12.2 AL COGEN.  | 230.4         | 10             | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 1             | 15         | 16                                    |
| S12.3 AL AGUA    | 230.4         | 10             | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 1             | 15         | 16                                    |
| S12.4 VIG. ZON1  | 1188          | 255            | 4x1.5+TTx1.5Cu             | 1.71          | 13.5       | 20                                    |
| S12.4 VIG. ZON2  | 1188          | 555            | 4x1.5+TTx1.5Cu             | 1.71          | 13.5       | 20                                    |
| S12.6 VIG. ZON3  | 1188          | 555            | 4x1.5+TTx1.5Cu             | 1.71          | 13.5       | 20                                    |
| S12.7 VIG. ZON4  | 1188          | 255            | 4x1.5+TTx1.5Cu             | 1.71          | 13.5       | 20                                    |
| S12.8 EVA. ZON1  | 100           | 425            | 4x1.5+TTx1.5Cu             | 0.14          | 13.5       | 20                                    |
| S12.9 EVA. ZON2  | 100           | 925            | 4x1.5+TTx1.5Cu             | 0.14          | 13.5       | 20                                    |
| S12.10 EVA. ZON3 | 100           | 925            | 4x1.5+TTx1.5Cu             | 0.14          | 13.5       | 20                                    |
| S12.11 EVA. ZON4 | 100           | 425            | 4x1.5+TTx1.5Cu             | 0.14          | 13.5       | 20                                    |
| S12.12 ANT. ZON1 | 100           | 320            | 4x1.5+TTx1.5Cu             | 0.14          | 13.5       | 20                                    |
| S12.13 ANT. ZON2 | 100           | 800            | 4x1.5+TTx1.5Cu             | 0.14          | 13.5       | 20                                    |
| S12.14 ANT. ZON3 | 100           | 800            | 4x1.5+TTx1.5Cu             | 0.14          | 13.5       | 20                                    |
| S12.15 ANT. ZON4 | 100           | 320            | 4x1.5+TTx1.5Cu             | 0.14          | 13.5       | 20                                    |
| S12.16 EXT. ZON1 | 1485          | 450            | 4x1.5+TTx1.5Cu             | 2.14          | 13.5       | 20                                    |
| S12.16 EXT. ZON1 | 1485          | 450            | 4x1.5+TTx1.5Cu             | 2.14          | 13.5       | 20                                    |



### Subcuadro S13 EMERG. FZA

- Potencia total instalada:

|                 |        |
|-----------------|--------|
| S13.1 TC C.T.   | 3000 W |
| S13.2 TC COGEN. | 3000 W |
| S13.3 TC AGUA   | 3000 W |
| TOTAL....       | 9000 W |

- Potencia Instalada Fuerza (W): 9000

Tabla 40 - RESULTADOS SUBCUADRO S13 EMERG. FZA

| Denominación    | P.Cálculo (W) | Dist.Cálc. (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | Dimensiones(mm) Tubo, Canal, Band. |
|-----------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|------------|------------------------------------|
| S13.1 TC C.T.   | 3000          | 10             | 4x2.5+TTx2.5Cu             | 4.81          | 18.5       | 20                                 |
| S13.2 TC COGEN. | 3000          | 10             | 4x2.5+TTx2.5Cu             | 4.81          | 18.5       | 20                                 |
| S13.3 TC AGUA   | 3000          | 10             | 4x2.5+TTx2.5Cu             | 4.81          | 18.5       | 20                                 |

### 6. ESQUEMA UNIFILAR

El esquema unifilar de esta instalación de baja tensión se muestra en los planos 6 y 7 denominados "ESQUEMA UNIFILAR B.T. 1" Y "ESQUEMA UNIFILAR B.T. 2" respectivamente, donde se detallan los resultados obtenidos y representados en el apartado anterior de este anexo.





**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

## 7. PLANOS





**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

## ÍNDICE DE PLANOS:

Plano 1 - VISTA GENERAL

Plano 2 - ALZADO FRONTAL

Plano 3 - ALZADO POSTERIOR

Plano 4 - PUESTA A TIERRA

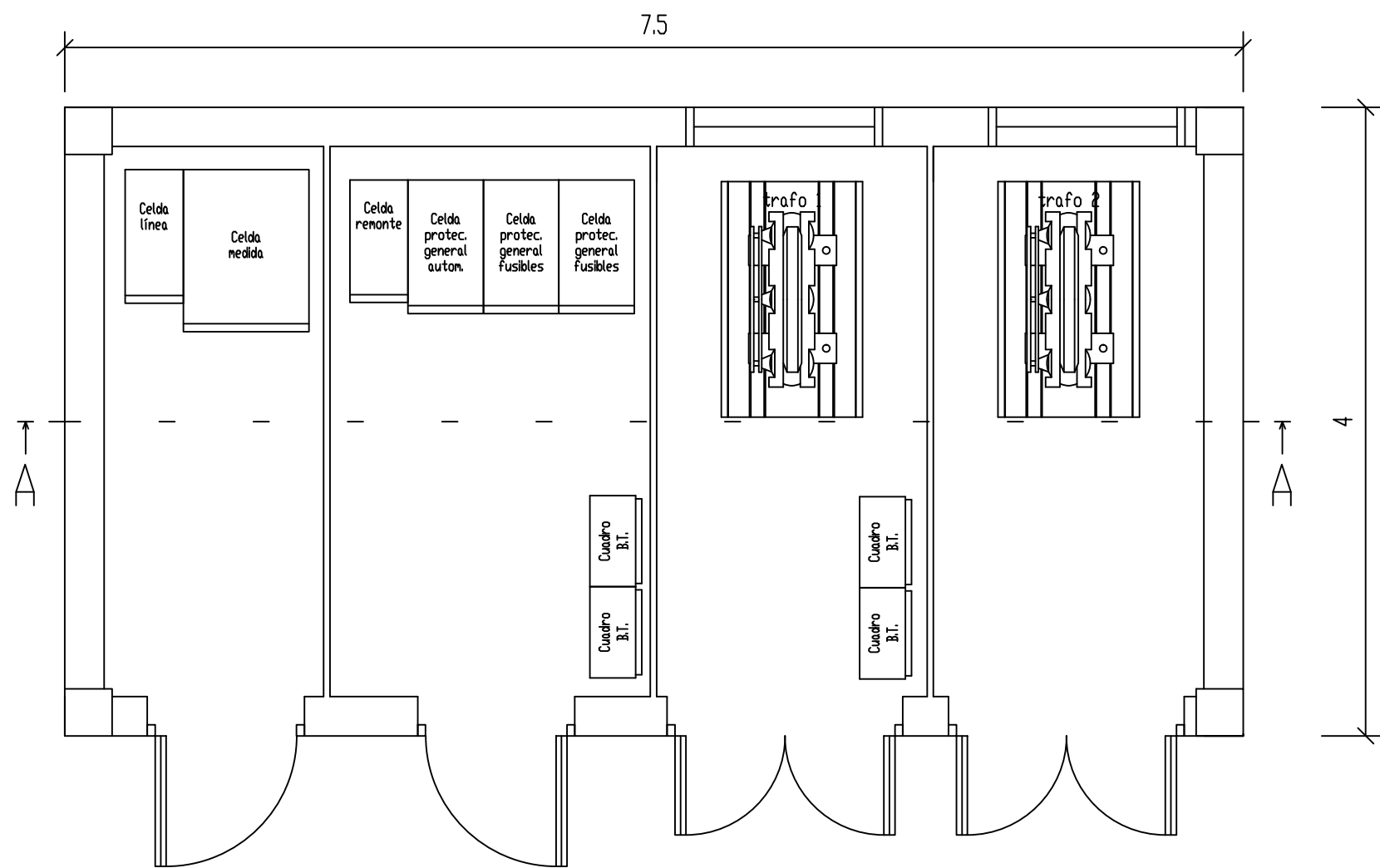
Plano 5 - CELDAS

Plano 6 - ESQUEMA UNIFILAR B.T. 1

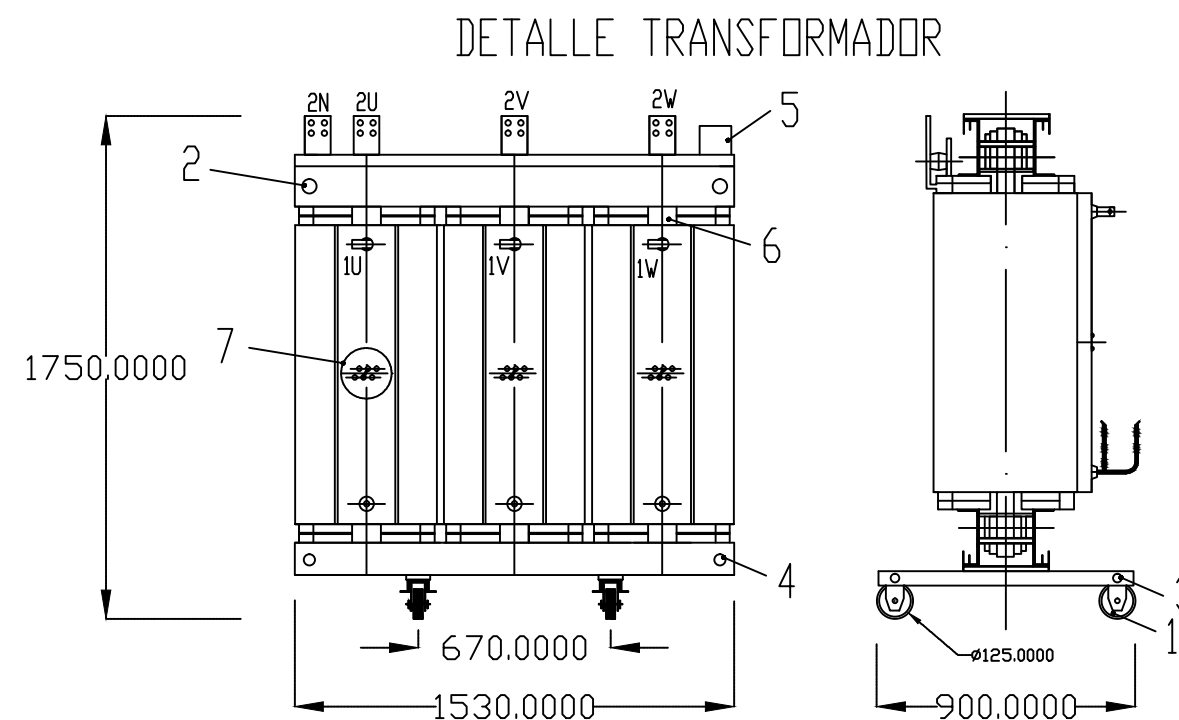
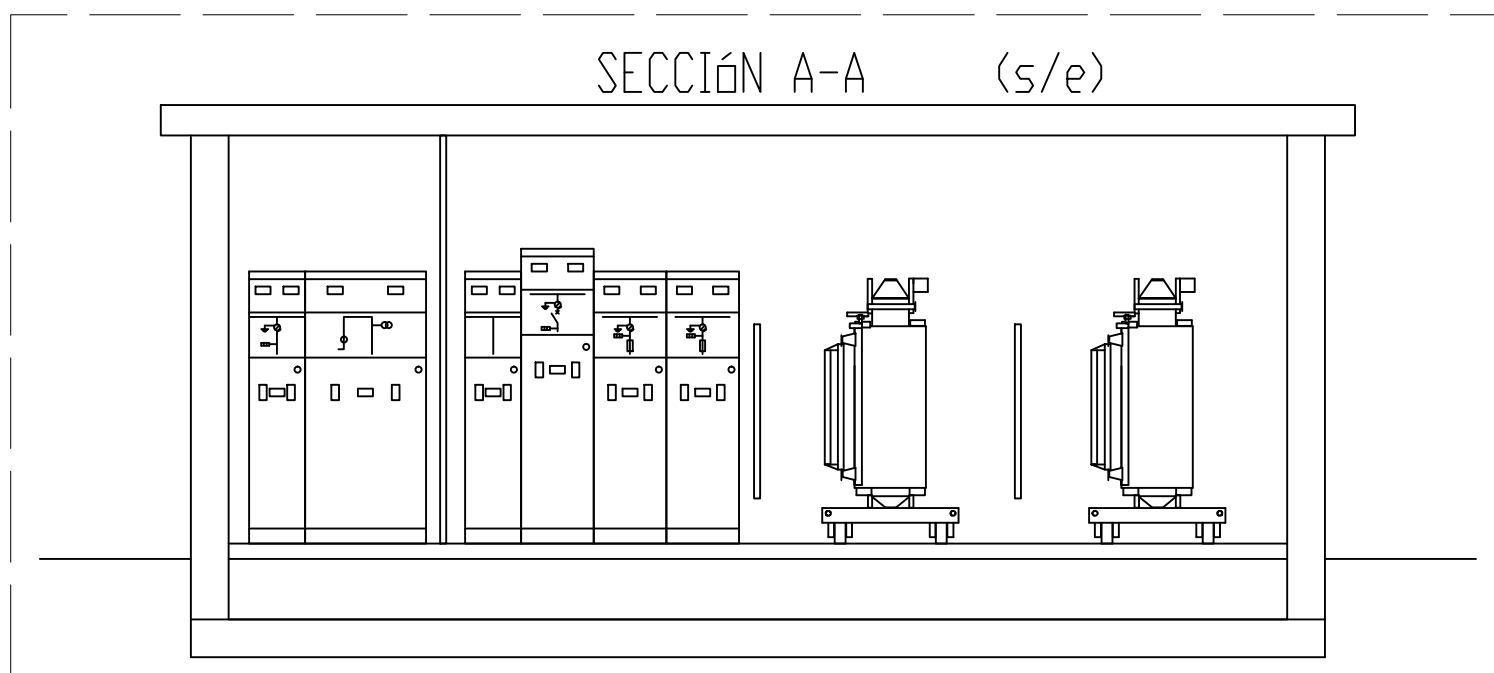
Plano 7 - ESQUEMA UNIFILAR B.T. 2







PLANTA



1. Ruedas bi-direccionales
2. Anillas de elevación
3. Anillas de arrastre
4. Tomas de tierra
5. Placa de características
6. Sensor de control de temperatura
7. Conmutador en vacío

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**TITULO PROYECTO:**  
 DISEÑO DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN EN EDIFICIO PREFABRICADO,  
 ALIMENTADO DE UNA RED SUBTERRÁNEA, PARA EL SUMINISTRO A UNA INDUSTRIA.

**ESCALA:** 1:40

**FECHA:**  
 Junio-2014

**PLANO:**  
**VISTA GENERAL**

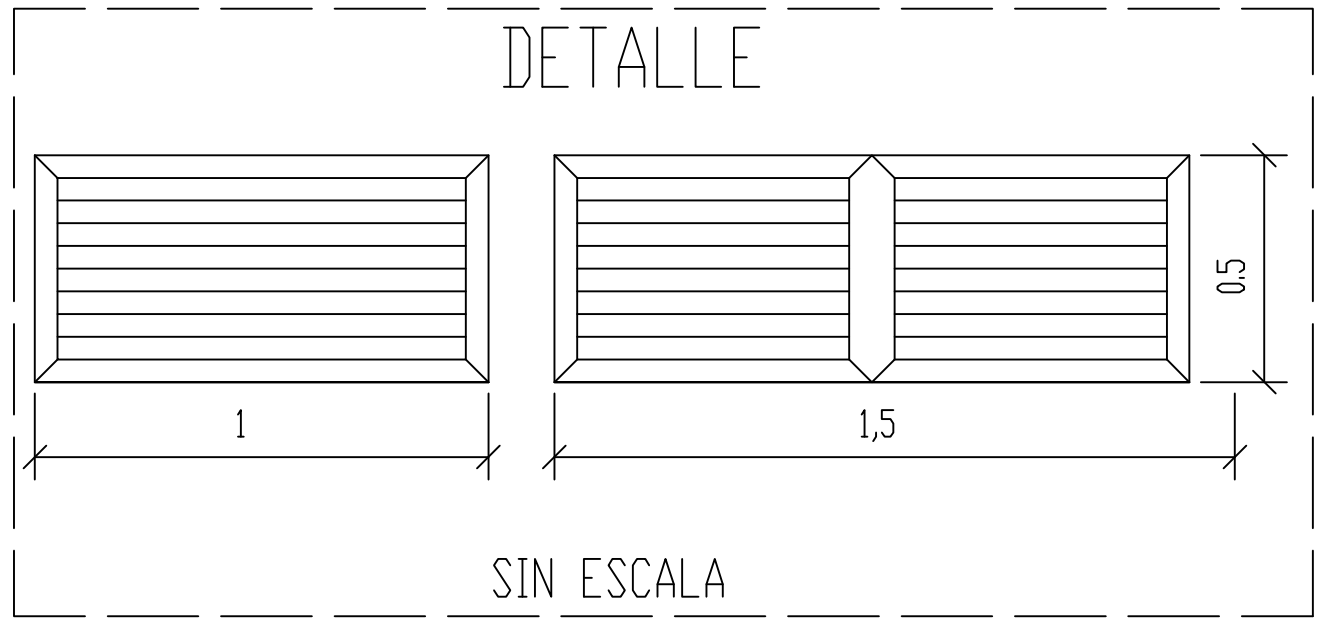
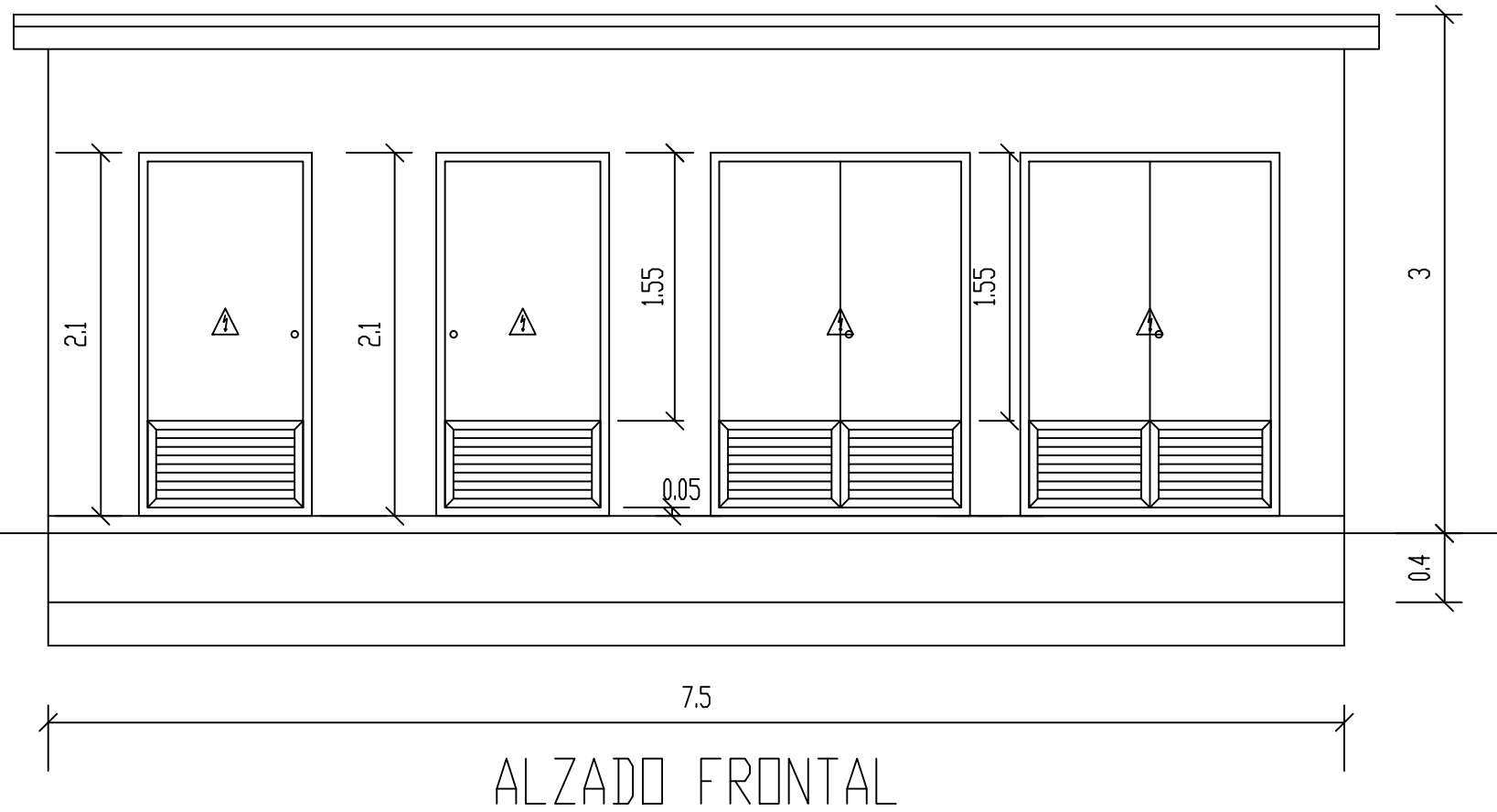
**Nº PLANO:** 1

**FIRMA:**  
 EL ALUMNO:

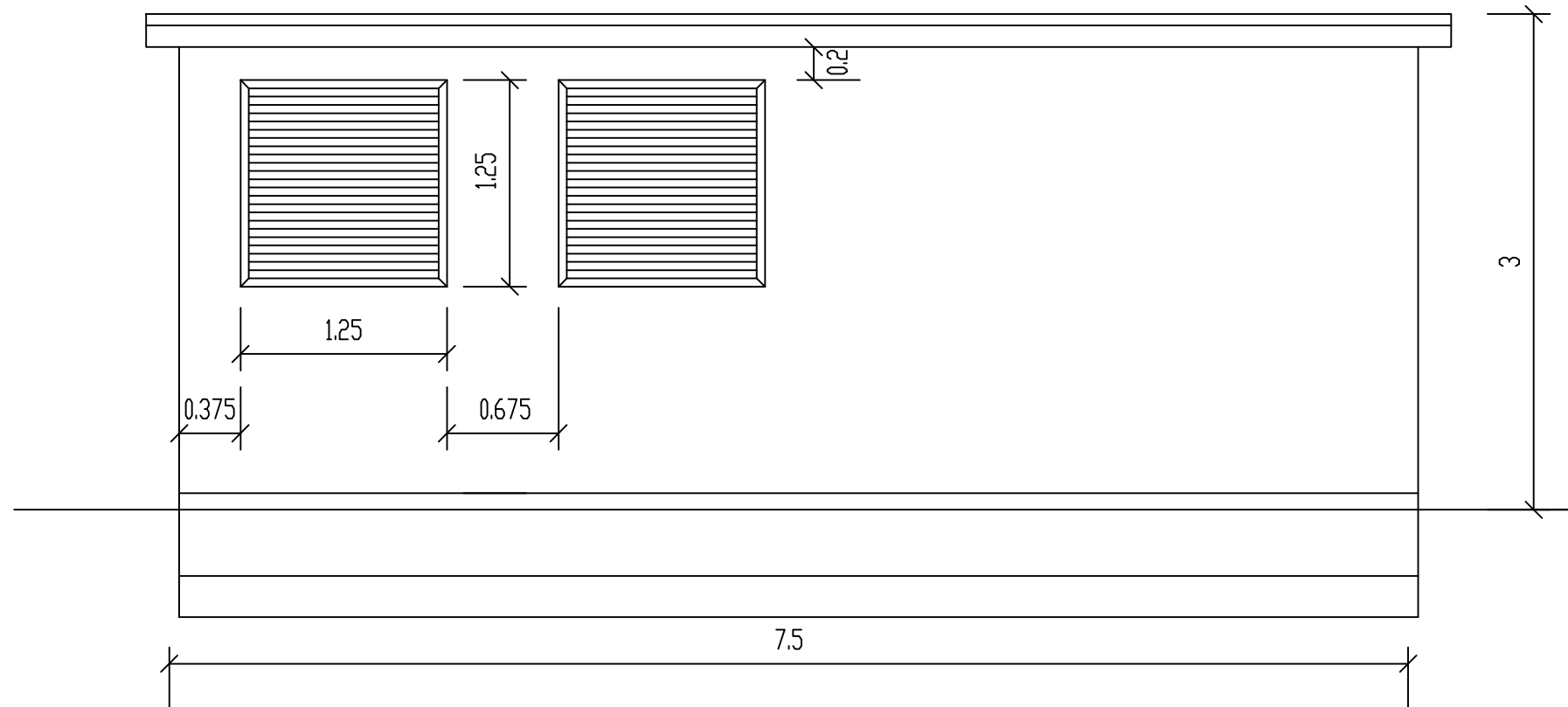
**TUTOR:** MANUEL MUÑOZ CANO  
**ALUMNO:** GUILLERMO GUTIERREZ GARRIDO

Area I.E.  
 Grado en Ingeniería Eléctrica  
 Convocatoria: JULIO 2014

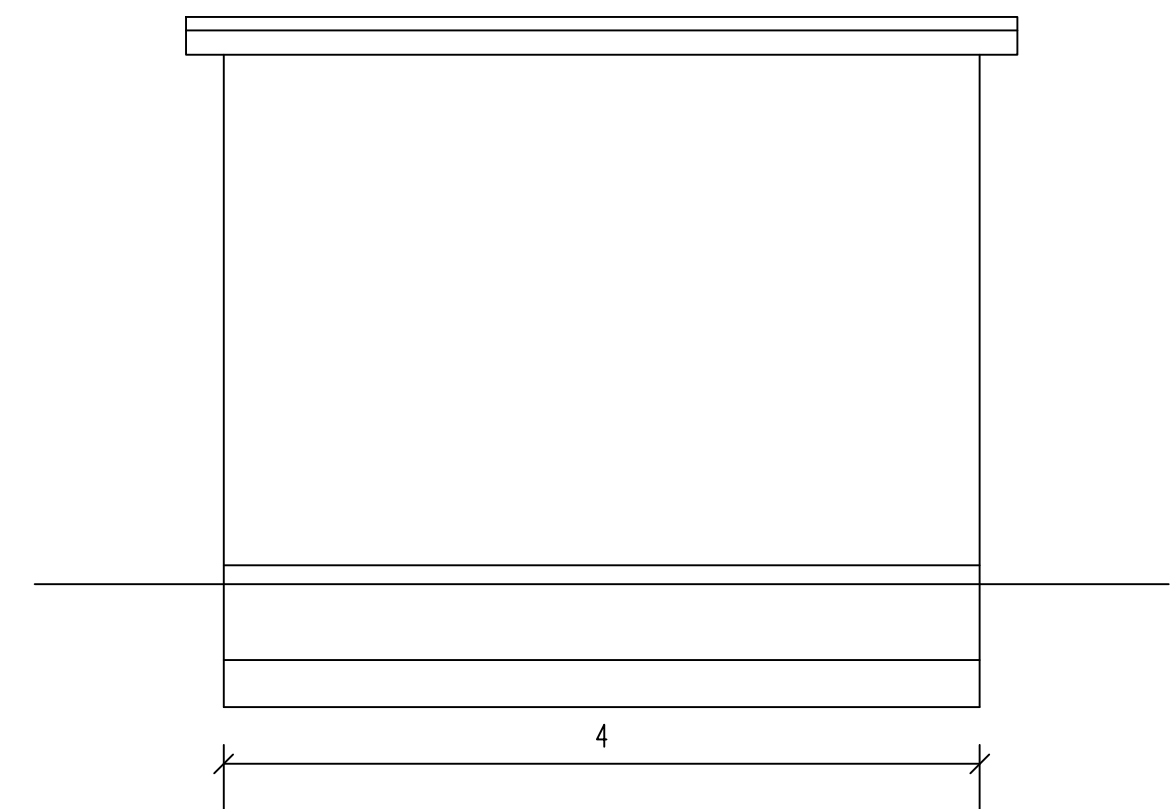
Fdo: Guillermo Gutiérrez Garrido



|  |  |  |                                  |
|--|--|--|----------------------------------|
|  <b>UNIVERSIDAD DE VALLADOLID</b><br><b>ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES</b> |  |  |                                  |
| <b>TITULO PROYECTO:</b><br>DISEÑO DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN EN EDIFICIO PREFABRICADO,<br>ALIMENTADO DE UNA RED SUBTERRÁNEA, PARA EL SUMINISTRO A UNA INDUSTRIA. |  |  | <b>ESCALA:</b><br><b>1:40</b>    |
| <b>FECHA:</b><br>Junio-2014  | <b>PLANO:</b><br><b>ALZADO FRONTAL</b> | <b>Nº PLANO:</b><br><b>2</b>   | <b>FIRMA:</b><br>EL ALUMNO:      |
| <b>TUTOR:</b> MANUEL MUÑOZ CANO<br><b>ALUMNO:</b> GUILLERMO GUTIERREZ GARRIDO  |  | Area I.E.<br>Grado en Ingeniería Eléctrica<br>Convocatoria: JULIO 2014 | Fdo: Guillermo Gutiérrez Garrido |



ALZADO POSTERIOR



ALZADO LATERAL IZQUIERDO

**TITULO PROYECTO:**  
 DISEÑO DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN EN EDIFICIO PREFABRICADO,  
 ALIMENTADO DE UNA RED SUBTERRÁNEA, PARA EL SUMINISTRO A UNA INDUSTRIA.

**ESCALA:** 1:40

**FECHA:**  
 Junio-2014

**PLANO:**  
**ALZADO POSTERIOR**

**N° PLANO:** 3

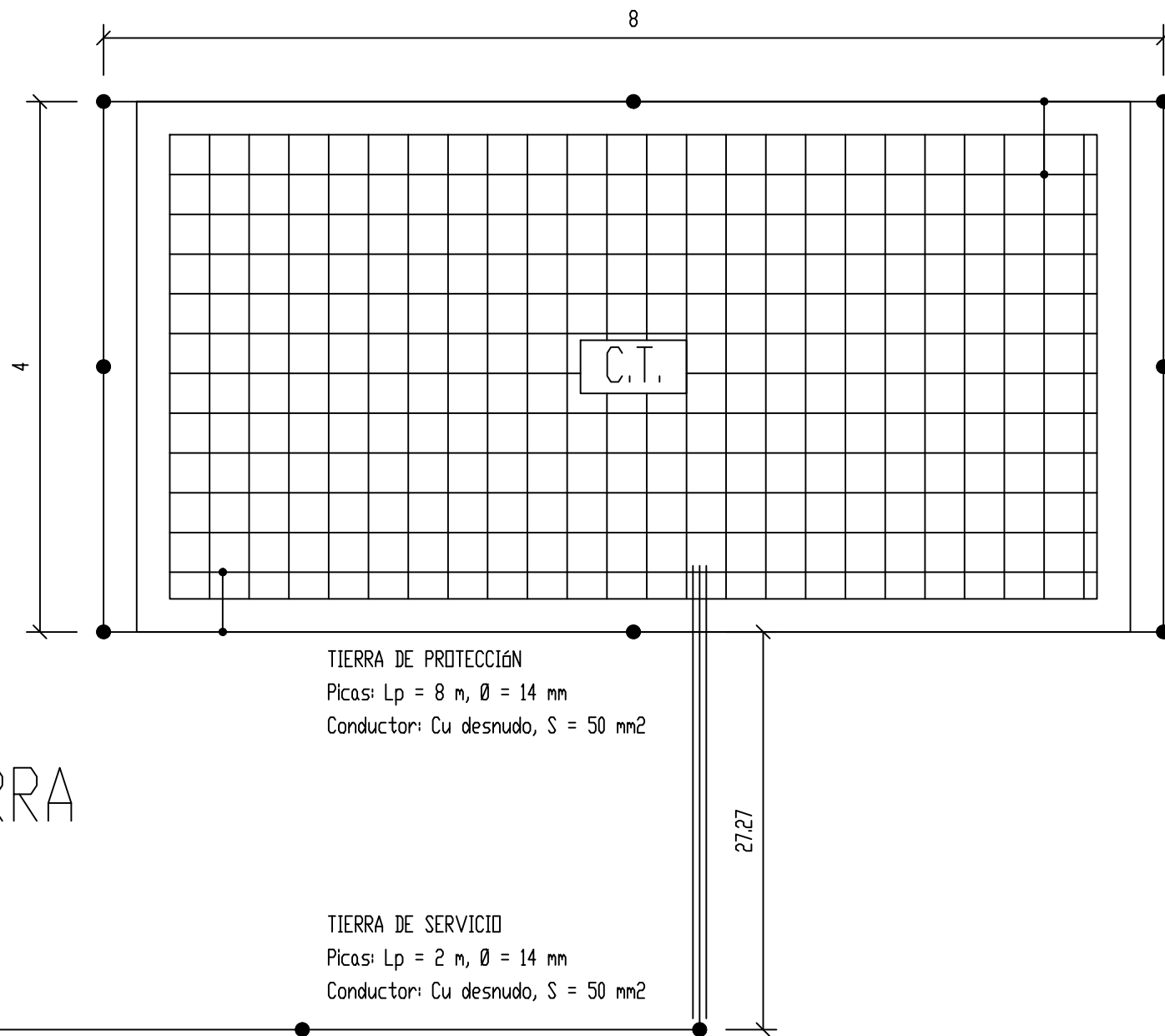
**FIRMA:**  
 EL ALUMNO:

**TUTOR:** MANUEL MUÑOZ CANO  
**ALUMNO:** GUILLERMO GUTIERREZ GARRIDO

Area I.E.  
 Grado en Ingeniería Eléctrica  
 Convocatoria: JULIO 2014

Fdo: Guillermo Gutiérrez Garrido

# PUESTAS A TIERRA



**TIERRA DE PROTECCIÓN**  
 Configuración: 80-40/8/88  
 Profundidad electrodo: 0.8 m  
 Sección conductor: 50 mm<sup>2</sup>  
 Diámetro picas: 14 mm  
 Número de picas: 8  
 Longitud picas: 8

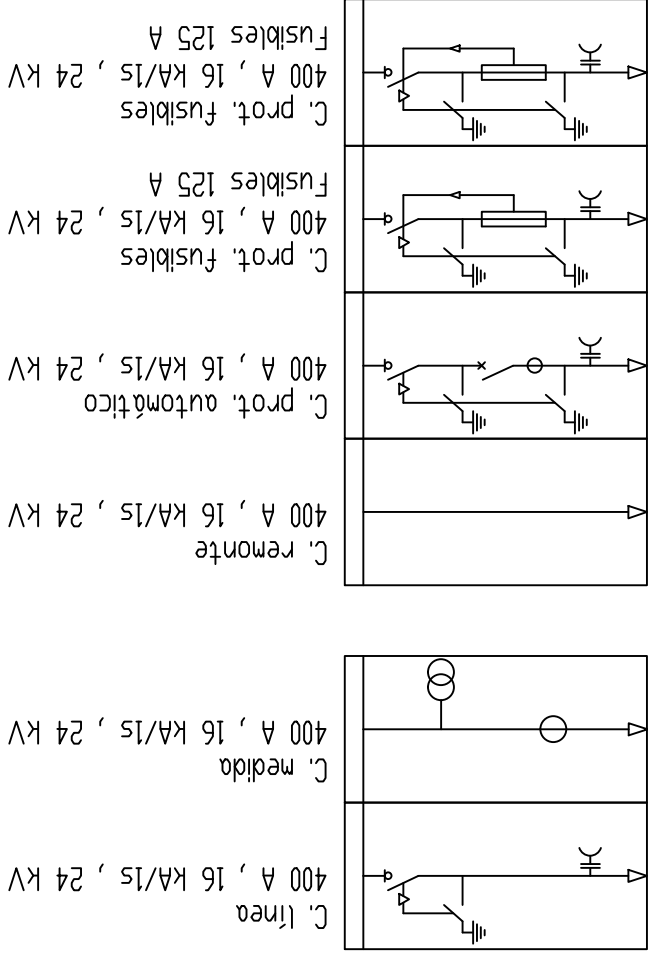
NOTA: En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electro soldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm, formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m.  
 Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro.  
 Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.  
 Las puertas y rejillas 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.

**TIERRA DE SERVICIO**  
 Configuración: 5/42.  
 Profundidad electrodo: 0.5 m  
 Separación picas: 3 m  
 4 picas en hilera unidas por conductor horizontal  
 Sección conductor: 50 mm<sup>2</sup>  
 Diámetro picas: 14 mm  
 Longitud picas: 2

NOTA: El conductor de conexión entre el neutro del transformador y el electrodo de la tierra de servicio será de cable aislado 0,6/1kV de 50 mm<sup>2</sup> en Cu, bajo tubo de PVC con grado al impacto 7 (mínimo)

|  |   |   |
|--|---|---|
| <b>TITULO PROYECTO:</b><br>DISEÑO DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN EN EDIFICIO PREFABRICADO,<br>ALIMENTADO DE UNA RED SUBTERRÁNEA, PARA EL SUMINISTRO A UNA INDUSTRIA. |   | <b>ESCALA:</b><br>s/e   |
| <b>FECHA:</b><br>Junio-2014  | <b>PLANO:</b><br><b>PUESTA A TIERRA</b>       | <b>Nº PLANO:</b><br><b>4</b>  |
| <b>TUTOR:</b><br>MANUEL MUÑOZ CANO   | <b>ALUMNO:</b><br>GUILLERMO GUTIERREZ GARRIDO | <b>FIRMA:</b><br>EL ALUMNO:<br><br>Area I.E.<br>Grado en Ingeniería Eléctrica<br>Convocatoria: JULIO 2014<br>Fdo: Guillermo Gutiérrez Garrido |

# ESQUEMA UNIFILAR

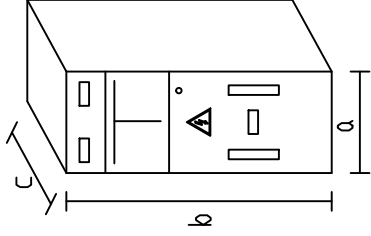


COMPañIA

ABONADO

# DIMENSIONES CELDAS

| Tipo celda       | a(m) | b(m) | c(m) |
|------------------|------|------|------|
| Remonte          | 0.37 | 1.8  | 0.78 |
| Prot. automático | 0.48 | 1.95 | 0.85 |
| Prot. fusibles   | 0.48 | 1.8  | 0.85 |
| Prot. fusibles   | 0.48 | 1.8  | 0.85 |
| Línea            | 0.37 | 1.8  | 0.85 |
| Medida           | 0.8  | 1.8  | 1.03 |



 **UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**TITULO PROYECTO:**

DISEÑO DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN EN EDIFICIO PREFABRICADO,  
ALIMENTADO DE UNA RED SUBTERRÁNEA, PARA EL SUMINISTRO A UNA INDUSTRIA.

**ESCALA:**

**s/e**

**FECHA:**  
**Junio-2014**

**PLANO:**

**CELIDAS**

**Nº PLANO:**

**5**

**FIRMA:**  
EL ALUMNO:

**TUTOR:**

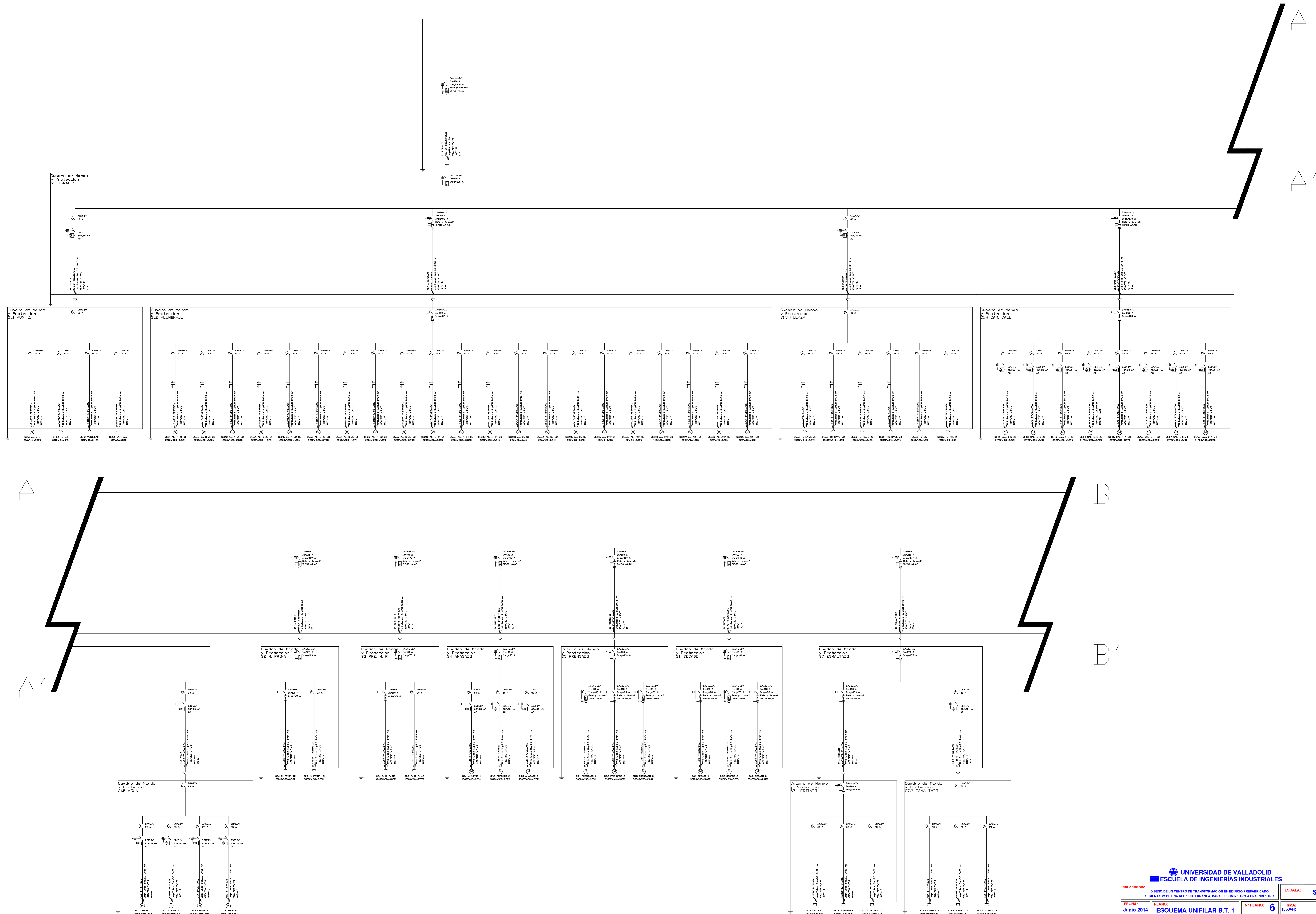
**MANUEL MUÑOZ CANO**

Area I.E.

Grado en Ingeniería Eléctrica  
Convocatoria: JULIO 2014

Fdo: Guillermo Gutiérrez Garrido

**ALUMNO: GUILLERMO GUTIERREZ GARRIDO**



|   |                                     |                  |
|---|-------------------------------------|------------------|
| <b>UNIVERSIDAD DE VALLADOLID</b><br><b>ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES</b>  |                                     |                  |
| TÍTULO PROYECTO: DISEÑO DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN EN EDIFICIO PREFABRICADO, ALIMENTADO DE UNA RED SUBTERRÁNEA, PARA EL SUMINISTRO A UNA INDUSTRIA. |                                     | ESCALA: s/e      |
| FECHA: Junio-2014   | PLANO: ESQUEMA UNIFILAR B.T. 1      | Nº PLANO: 6      |
| TUTOR: MANUEL MUÑOZ CANO  | ALUMNO: GUILLERMO GUTIERREZ GARRIDO | FIRMA: EL ALUMNO |

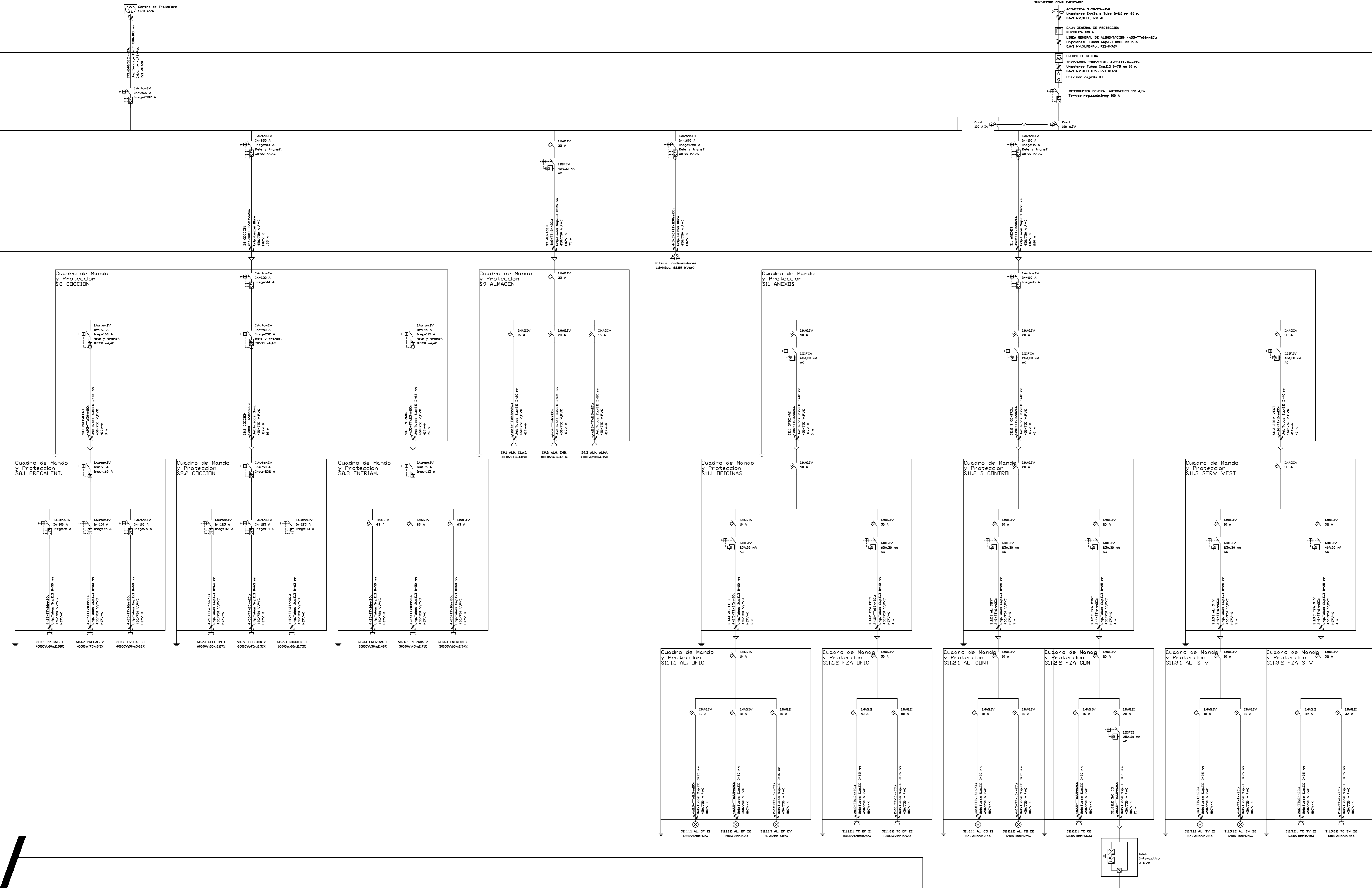
Área I.E. Creado en Ingeniería Eléctrica Educativa  
 Convocatoria: JULIO 2014 Fic. Guillermo Gutiérrez Garrido

B

B'

C

C'



Detalle cuadro general de mando y protección

