

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE

GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA



"PROYECTO DE INSTALACIÓN DE  
INFRAESTRUCTURA DE RECARGA  
DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN EL  
CENTRO COMERCIAL ZENIA  
BOULEVARD"

TRABAJO FIN DE GRADO

Noviembre 2025

AUTOR: Jose Albaladejo Rubio

DIRECTOR: Carlos Sans Tresserras

## ÍNDICE

|             |                                                                                    |    |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.          | MEMORIA.....                                                                       | 15 |
| 1.1.        | MEMORIA DESCRIPTIVA .....                                                          | 15 |
| 1.1.1.      | ANTECEDENTES .....                                                                 | 15 |
| 1.1.2.      | OBJETO DEL PROYECTO .....                                                          | 15 |
| 1.1.3.      | REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES .....                                     | 16 |
| 1.1.4.      | TITULAR DE LA INSTALACIÓN .....                                                    | 18 |
| 1.1.5.      | EMPLAZAMIENTO DE LAS INSTALACIONES .....                                           | 18 |
| 1.1.6.      | CATEGORÍA DE LA LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN Y ZONA.....                                 | 18 |
| 1.1.7.      | CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CENTRO DE SECCIONAMIENTO.....                        | 19 |
| 1.1.8.      | CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....                       | 19 |
| 1.1.9.      | CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN.....          | 19 |
| 1.1.10.     | PROGRAMA DE NECESIDADES, POTENCIA A TRANSPORTAR Y USO CONCRETO DE LA ENERGÍA ..... | 20 |
| 1.1.11.     | DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES .....                                             | 21 |
| 1.1.11.1.   | DESCRIPCIÓN LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN .....                                           | 21 |
| 1.1.11.1.1. | TRAZADO .....                                                                      | 21 |
| 1.1.11.1.2. | MATERIALES.....                                                                    | 21 |
| 1.1.11.2.   | DESCRIPCIÓN DEL CENTRO DE SECCIONAMIENTO .....                                     | 22 |

|             |                                                         |    |
|-------------|---------------------------------------------------------|----|
| 1.1.11.2.1. | OBRA CIVIL .....                                        | 22 |
| 1.1.11.2.2. | LOCAL.....                                              | 23 |
| 1.1.11.2.3. | PUESTA A TIERRA.....                                    | 24 |
| 1.1.11.2.4. | AUTOMATIZACIÓN.....                                     | 25 |
| 1.1.11.3.   | DESCRIPCIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....           | 25 |
| 1.1.11.3.1. | OBRA CIVIL .....                                        | 25 |
| 1.1.11.3.2. | LOCAL.....                                              | 26 |
| 1.1.11.3.3. | INSTALACIÓN ELÉCTRICA CENTRO DE<br>TRANSFORMACIÓN ..... | 28 |
| 1.1.11.3.4. | INSTALACIONES SECUNDARIAS .....                         | 31 |
| 1.1.11.3.5. | PUESTA A TIERRA.....                                    | 32 |
| 1.1.11.4.   | DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN        | 34 |
| 1.1.11.4.1. | POTENCIA DE LA INSTALACIÓN.....                         | 34 |
| 1.1.11.4.2. | INSTALACIONES DE ENLACE .....                           | 34 |
| 1.1.11.4.3. | INSTALACIONES RECEPTORAS EN BT .....                    | 37 |
| 1.1.11.4.4. | EQUIPOS DE COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA             | 41 |
| 1.1.11.4.5. | ALUMBRADOS ESPECIALES.....                              | 41 |
| 1.1.12.     | SEÑALES VIALES .....                                    | 41 |
| 1.1.13.     | PROGRAMA DE EJECUCIÓN .....                             | 41 |
| 1.2.        | CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS .....                           | 42 |

|            |                                                                     |    |
|------------|---------------------------------------------------------------------|----|
| 1.2.1.     | CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN          | 42 |
| 1.2.1.1.   | DENSIDAD DE CORRIENTE .....                                         | 42 |
| 1.2.1.2.   | INTENSIDAD MÁXIMA PERMANENTE .....                                  | 43 |
| 1.2.1.3.   | COEFICIENTES DE CORRECCIÓN DE LA INTENSIDAD MÁXIMA PERMANENTE ..... | 43 |
| 1.2.1.3.1. | COEFICIENTE POR TEMPERATURA DEL TERRENO.....                        | 43 |
| 1.2.1.3.2. | COEFICIENTE POR DISTANCIA ENTRE TERNOS .....                        | 43 |
| 1.2.1.3.3. | COEFICIENTE POR RESISTIVIDAD DEL TERRENO.....                       | 44 |
| 1.2.1.3.4. | COEFICIENTE POR PROFUNDIDAD DE ZANJA.....                           | 44 |
| 1.2.1.4.   | INTENSIDAD MÁXIMA PERMANENTE CORREGIDA.....                         | 45 |
| 1.2.1.5.   | REACTANCIA, RESISTENCIA Y CAPACIDAD.....                            | 45 |
| 1.2.1.6.   | CAÍDA DE TENSIÓN .....                                              | 45 |
| 1.2.1.7.   | POTENCIA A TRANSPORTAR.....                                         | 46 |
| 1.2.1.8.   | INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO .....                                   | 46 |
| 1.2.1.9.   | COMPROBACIONES .....                                                | 46 |
| 1.2.1.9.1. | POTENCIA A TRANSPORTAR .....                                        | 46 |
| 1.2.1.9.2. | CAÍDA DE TENSIÓN .....                                              | 46 |
| 1.2.1.9.3. | CORTOCIRCUITO ADMISIBLE.....                                        | 47 |
| 1.2.1.10.  | RESUMEN LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN .....                    | 47 |
| 1.2.2.     | CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS CENTRO DE SECCIONAMIENTO .                  | 49 |

|             |                                                                              |    |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.2.2.1.    | POTENCIA DE CORTOCIRCUITO EN MEDIA TENSIÓN .....                             | 49 |
| 1.2.2.2.    | DIMENSIONANDO DEL EMBARRADO.....                                             | 49 |
| 1.2.2.3.    | INTENSIDAD DINÁMICA DE CORTOCIRCUITO.....                                    | 49 |
| 1.2.2.4.    | PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS Y CORTOCIRCUITOS<br>50                         |    |
| 1.2.2.5.    | PUESTA A TIERRA.....                                                         | 50 |
| 1.2.2.5.1.  | CONSIDERACIONES PREVIAS .....                                                | 50 |
| 1.2.2.5.2.  | DATOS DE PARTIDA.....                                                        | 50 |
| 1.2.2.5.3.  | CONFIGURACIÓN DEL ELECTRODO UTILIZADA.....                                   | 51 |
| 1.2.2.5.4.  | CALCULO DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA PAT<br>GENERAL                         | 51 |
| 1.2.2.5.5.  | CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE PUESTA A TIERRA Y<br>DEL TIEMPO DE DEFECTO ..... | 52 |
| 1.2.2.5.6.  | TENSIÓN MÁXIMA DE CONTACTO ADMISIBLE PARA LA<br>INSTALACIÓN                  | 53 |
| 1.2.2.5.7.  | TENSIÓN MÁXIMA DE PASO QUE APARECE EN LA<br>INSTALACIÓN                      | 53 |
| 1.2.2.5.8.  | TENSIÓN MÁXIMA DE PASO ADMISIBLE EN LA<br>INSTALACIÓN                        | 54 |
| 1.2.2.5.9.  | TENSIÓN MÁXIMA DE PASO APLICADA A LA PERSONA                                 | 54 |
| 1.2.2.5.10. | COMPROBACIÓN DEL DISEÑO DE PUESTA A TIERRA....                               | 55 |
| 1.2.2.5.11. | PAT DE PROTECCIÓN .....                                                      | 56 |

|             |                                                                      |    |
|-------------|----------------------------------------------------------------------|----|
| 1.2.2.5.12. | CORRECCIÓN Y AJUSTES AL DISEÑO INICIAL.....                          | 57 |
| 1.2.2.6.    | RESUMEN CÁLCULOS CENTRO DE SECCIONAMIENTO .....                      | 57 |
| 1.2.3.      | CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS CENTRO DE TRANSFORMACIÓN                     | 59 |
| 1.2.3.1.    | INTENSIDAD EN EL LADO DE ALTA TENSIÓN.....                           | 59 |
| 1.2.3.2.    | INTENSIDAD EN EL LADO DE BAJA TENSIÓN .....                          | 59 |
| 1.2.3.3.    | CORTOCIRCUITOS .....                                                 | 59 |
| 1.2.3.3.1.  | CORRIENTE Y POTENCIA DE CORTOCIRCUITO EN EL<br>LADO DE AT            | 59 |
| 1.2.3.3.2.  | INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO DINÁMICA .....                           | 60 |
| 1.2.3.3.3.  | CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE BT ....                     | 60 |
| 1.2.3.4.    | DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.....                                      | 61 |
| 1.2.3.5.    | PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS Y CORTOCIRCUITOS<br>61                 |    |
| 1.2.3.5.1.  | SELECCIÓN FUSIBLES AT .....                                          | 61 |
| 1.2.3.5.2.  | SELECCIONES FUSIBLES BT.....                                         | 62 |
| 1.2.3.6.    | DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE<br>TRANSFORMACIÓN ..... | 62 |
| 1.2.3.7.    | DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS .....                              | 62 |
| 1.2.3.8.    | CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA                      | 63 |
| 1.2.3.8.1.  | CÁLCULO PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN .....                          | 63 |
| 1.2.3.8.2.  | CÁLCULO PUESTA A TIERRA DE SERVICIO.....                             | 72 |

|            |                                                                 |     |
|------------|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 1.2.3.8.3. | CALCULO SEPARACIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA               | 73  |
| 1.2.3.9.   | CALCULO DEL RUIDO EMITIDO POR EL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN ..... | 73  |
| 1.2.3.9.1. | NIVEL SONORO INTERNO .....                                      | 73  |
| 1.2.3.9.2. | ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS .....                                   | 74  |
| 1.2.3.9.3. | AISLAMIENTO ACÚSTICO.....                                       | 74  |
| 1.2.3.9.4. | CONCLUSIONES Y RESUMEN CALCULOS CT .....                        | 75  |
| 1.2.4.     | CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS INSTALACIONES DE BAJA Tensión           | 80  |
| 1.2.4.1.   | POTENCIA TOTAL INSTALADA Y RELACIÓN DE RECEPTORES               | 80  |
| 1.2.4.2.   | COEFICIENTE DE SIMULTANEIDAD .....                              | 80  |
| 1.2.4.3.   | SISTEMA DE INSTALACIÓN UTILIZADO .....                          | 80  |
| 1.2.4.4.   | CALCULO SECCIÓN Y PROTECCIONES DE LA LÍNEA .....                | 81  |
| 1.2.4.5.   | CÁLCULOS PUESTA A TIERRA.....                                   | 92  |
| 1.2.4.6.   | RESULTADOS .....                                                | 93  |
| 1.2.4.7.   | RESUMEN CÁLCULOS BT .....                                       | 94  |
| 1.3.       | PLANIFICACIÓN .....                                             | 106 |
| 1.4.       | ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....                               | 106 |
| 1.4.1.     | PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES .....                           | 106 |

|             |                                                                                                      |     |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1.4.1.1.    | INTRODUCCIÓN.....                                                                                    | 106 |
| 1.4.1.2.    | DERECHOS Y OBLIGACIONES.....                                                                         | 106 |
| 1.4.1.2.1.  | DERECHO A LA PROTECCIÓN FRENTE RIESGOS<br>LABORALES                                                  | 106 |
| 1.4.1.2.2.  | PRINCIPIOS DE LA ACCIÓN PREVENTIVA .....                                                             | 107 |
| 1.4.1.2.3.  | EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS .....                                                                      | 108 |
| 1.4.1.2.4.  | EQUIPO DE TRABAJO Y MEDIOS DE PROTECCIÓN .....                                                       | 110 |
| 1.4.1.2.5.  | INFORMACIÓN, CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS<br>TRABAJADORES                                         | 110 |
| 1.4.1.2.6.  | FORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES .....                                                                  | 111 |
| 1.4.1.2.7.  | MEDIDAS DE EMERGENCIA .....                                                                          | 111 |
| 1.4.1.2.8.  | RIESGO GRAVE E INMINENTE .....                                                                       | 111 |
| 1.4.1.2.9.  | VIGILANCIA DE LA SALUD .....                                                                         | 112 |
| 1.4.1.2.10. | DOCUMENTACIÓN.....                                                                                   | 112 |
| 1.4.1.2.11. | COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES EMPRESARIALES .                                                          | 112 |
| 1.4.1.2.12. | PROTECCIÓN DE TRABAJADORES ESPECIALMENTE<br>SENSIBLES A DETERMINADOS RIESGOS .....                   | 113 |
| 1.4.1.2.13. | PROTECCIÓN DE LA MATERNIDAD .....                                                                    | 113 |
| 1.4.1.2.14. | PROTECCIÓN DE LOS MENORES .....                                                                      | 113 |
| 1.4.1.2.15. | RELACIONES DE TRABAJO TEMPORALES, DE DURACIÓN<br>DETERMINADA Y EN EMPRESAS DE TRABAJO TEMPORAL ..... | 113 |

|             |                                                                                                                     |     |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1.4.1.2.16. | OBLIGACIÓN DE LOS TRABAJADORES EN CUESTIÓN DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES .....                                 | 114 |
| 1.4.1.3.    | SERVICIOS DE PREVENCIÓN .....                                                                                       | 114 |
| 1.4.1.3.1.  | PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES                                                                    | 114 |
| 1.4.1.3.2.  | SERVICIOS DE PREVENCIÓN .....                                                                                       | 115 |
| 1.4.1.4.    | CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES ..                                                                     | 115 |
| 1.4.1.4.1.  | CONSULTA DE LOS TRABAJADORES .....                                                                                  | 115 |
| 1.4.1.4.2.  | DERECHO DE PARTICIPACIÓN Y REPRESENTACIÓN .....                                                                     | 116 |
| 1.4.1.4.3.  | DELEGADOS DE PREVENCIÓN .....                                                                                       | 116 |
| 1.4.2.      | DISPOSICIONES MÍNIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO .....                           | 117 |
| 1.4.2.1.    | INTRODUCCIÓN .....                                                                                                  | 117 |
| 1.4.2.2.    | OBLIGACIÓN GENERAL DEL EMPRESARIO .....                                                                             | 117 |
| 1.4.3.      | DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO ..... | 118 |
| 1.4.3.1.    | INTRODUCCIÓN .....                                                                                                  | 118 |
| 1.4.3.2.    | OBLIGACIÓN GENERAL DEL EMPRESARIO .....                                                                             | 119 |
| 1.4.3.2.1.  | DISPOSICIONES MÍNIMAS GENERALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO .....                                           | 120 |
| 1.4.3.2.2.  | DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO MÓVILES .....                                 | 121 |

|            |                                                                                                                                          |     |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1.4.3.2.3. | DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A<br>LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA ELEVACIONES DE CARGA.....                                  | 122 |
| 1.4.3.2.4. | DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A<br>LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA MOVIMIENTOS DE TIERRAS Y<br>MAQUINARIA PESADA GENERAL..... | 123 |
| 1.4.3.2.5. | DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A<br>LA MAQUINARIA HERRAMIENTA.....                                                         | 125 |
| 1.4.4.     | DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS<br>OBRAS DE CONSTRUCCIÓN .....                                                         | 126 |
| 1.4.4.1.   | INTRODUCCIÓN.....                                                                                                                        | 126 |
| 1.4.4.2.   | ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....                                                                                                 | 128 |
| 1.4.4.2.1. | RIESGOS MAS FRECUENTES EN LAS OBRAS DE<br>CONSTRUCCIÓN                                                                                   | 128 |
| 1.4.4.2.2. | MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER GENERAL .....                                                                                            | 129 |
| 1.4.4.2.3. | MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER PARTICULAR<br>PARA CADA OFICIO .....                                                                     | 132 |
| 1.4.4.2.4. | MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA TRABAJOS EN LA<br>PROXIMIDAD DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN ALTA TENSIÓN .....                                  | 136 |
| 1.4.4.3.   | DISPOSICIONES ESPECIFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD<br>DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA .....                                                  | 140 |

|            |                                                                                                                                            |     |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1.4.5.     | DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD<br>RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE<br>PROTECCIÓN INDIVIDUAL ..... | 140 |
| 1.4.5.1.   | INTRODUCCIÓN.....                                                                                                                          | 140 |
| 1.4.5.2.   | OBLIGACIONES GENERALES DEL EMPRESARIO .....                                                                                                | 141 |
| 1.4.5.2.1. | PROTECTORES DE LA CABEZA .....                                                                                                             | 141 |
| 1.4.5.2.2. | PROTECCIONES DE MANOS Y BRAZOS.....                                                                                                        | 141 |
| 1.4.5.2.3. | PROTECTORES DE PIES Y PIERNAS.....                                                                                                         | 141 |
| 1.4.5.2.4. | PROTECTORES DEL CUERPO .....                                                                                                               | 142 |
| 1.4.5.2.5. | EQUIPOS ADICIONALES DE PROTECCIÓN PARA<br>TRABAJOS EN LA PROXIMIDAD DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE ALTA<br>TENSIÓN                         | 142 |
| 2.         | PLANOS .....                                                                                                                               | 143 |
| 2.1.       | SITUACIÓN.....                                                                                                                             | 143 |
| 2.2.       | EMPLAZAMIENTO .....                                                                                                                        | 143 |
| 2.3.       | PLANTA GENERAL .....                                                                                                                       | 143 |
| 2.4.       | LSMT, CS Y CT.....                                                                                                                         | 143 |
| 2.5.       | ARQUETA DE MEDIA TENSIÓN.....                                                                                                              | 143 |
| 2.6.       | CENTRO DE SECCIONAMIENTO.....                                                                                                              | 143 |
| 2.7.       | UNIFILAR Y ACERA PERIMETRAL CENTRO DE SECCIONAMIENTO                                                                                       | 143 |

|        |                                                               |     |
|--------|---------------------------------------------------------------|-----|
| 2.8.   | TIERRAS CENTRO DE SECCIONAMIENTO .....                        | 143 |
| 2.9.   | CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....                                | 143 |
| 2.10.  | UNIFILAR Y ACERA PERIMETRAL CENTRO DE<br>TRANSFORMACIÓN ..... | 143 |
| 2.11.  | TIERRAS CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....                        | 143 |
| 2.12.  | LÍNEAS DE BAJA TENSIÓN .....                                  | 143 |
| 2.13.  | UNIFILAR BAJA TENSIÓN .....                                   | 143 |
| 2.14.  | TIERRAS BAJA TENSIÓN .....                                    | 143 |
| 2.15.  | TRAZADO DE ZANJAS .....                                       | 143 |
| 2.16.  | PERFIL DE ZANJAS .....                                        | 143 |
| 2.17.  | DETALLES CARGADORES .....                                     | 143 |
| 2.18.  | DETALLE ALUMBRADO .....                                       | 143 |
| 3.     | PLIEGO DE CONDICIONES .....                                   | 162 |
| 3.1.   | OBJETO.....                                                   | 162 |
| 3.2.   | CAMPO DE APLICACIÓN.....                                      | 162 |
| 3.3.   | CONTRATISTA.....                                              | 162 |
| 3.4.   | CARACTERÍSTICA DE LOS MATERIALES .....                        | 163 |
| 3.5.   | CALIDAD .....                                                 | 163 |
| 3.6.   | CARACTERÍSTICAS GENERALES.....                                | 164 |
| 3.6.1. | CABLE AISLADO DE MEDIA TENSIÓN .....                          | 164 |

|          |                                                           |     |
|----------|-----------------------------------------------------------|-----|
| 3.6.2.   | CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DE LOS EDIFICIOS             |     |
|          | PREFABRICADOS .....                                       | 164 |
| 3.6.2.1. | EDIFICIO .....                                            | 164 |
| 3.6.2.2. | CELDA DE ALTA TENSIÓN .....                               | 165 |
| 3.6.2.3. | PUENTES DE CONEXIÓN .....                                 | 165 |
| 3.6.3.   | CONDUCTORES ELÉCTRICOS DE BAJA TENSIÓN .....              | 166 |
| 3.6.3.1. | IDENTIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES .....                   | 166 |
| 3.6.4.   | CANALIZACIONES .....                                      | 167 |
| 3.6.4.1. | TUBOS .....                                               | 168 |
| 3.6.4.2. | ARQUETAS .....                                            | 168 |
| 3.6.5.   | CUADRO DE BAJA TENSIÓN .....                              | 168 |
| 3.6.6.   | CARGADORES .....                                          | 169 |
| 3.6.7.   | ALUMBRADO EXTERIOR.....                                   | 169 |
| 3.6.8.   | PEQUEÑO MATERIAL .....                                    | 169 |
| 3.6.9.   | MATERIAL PUESTA A TIERRA .....                            | 169 |
| 3.7.     | EJECUCIÓN TÉCNICA DE LAS INSTALACIONES .....              | 170 |
| 3.8.     | PRUEBAS REGLAMENTARIAS .....                              | 170 |
| 3.8.1.   | LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN.....                               | 170 |
| 3.8.2.   | CENTRO DE SECCIONAMIENTO Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN ..... | 170 |
| 3.8.3.   | INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN .....                       | 170 |

|       |                              |     |
|-------|------------------------------|-----|
| 3.9.  | RECEPCIÓN DE LA OBRA .....   | 171 |
| 3.10. | LIBRO DE ORDENES .....       | 171 |
| 4.    | PRESUPUESTO .....            | 172 |
| 4.1.  | MEDICIONES.....              | 172 |
| 4.2.  | CUADRO DE PRECIOS 1 Y 2..... | 172 |
| 4.3.  | PRESUPUESTO.....             | 172 |



## **1. MEMORIA**

### **1.1. MEMORIA DESCRIPTIVA**

#### **1.1.1. ANTECEDENTES**

La redacción del presente proyecto, por encargo de la empresa “CENTROS COMERCIALES COSTA BLANCA SL” en adelante promotor, propietario de las instalaciones afectadas con domicilio social “CENTRO COMERCIAL ZENIA BOULEVARD BAJO 1, ORIHUELA, ALICANTE 03189”.

El proyecto surge de la necesidad de adaptar y modernizar las instalaciones existentes en el centro comercial para adaptarse a la creciente necesidad de disponer de puntos de recarga en sus aparcamientos.

Contribuyendo así el promotor al desarrollo sostenible, lucha contra el cambio climático y reduciendo la huella de CO<sub>2</sub> de su actividad.

Añadiendo también una nueva línea de negocio a la explotación del centro comercial con la venta de energía procedente de la recarga de los vehículos.

#### **1.1.2. OBJETO DEL PROYECTO**

El objetivo del presente proyecto es exponer a los organismos competentes y empresas contratistas toda la información necesaria para la realización y legalización de la infraestructura de recarga de vehículo eléctrico a instalar.

En concreto se proyecta en el presente proyecto:

- Línea subterránea de media tensión (LSMT) con punto de entronque indicado en el plano.
- Centro de seccionamiento (CS).
- Tramo de LSMT para interconectar CS con CT de abonado.
- Centro de transformación (CT).
- Instalación en baja tensión.

### 1.1.3. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES

Para la redacción del presente proyecto se han tenido en cuenta la siguiente normativa y todas las modificaciones que le afecten.

también se ha realizado el diseño según los manual y proyectos tipos de la compañía distribuidora I-DE que afectan al mismo.

En particular se ha tenido en cuenta:

- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, de Regulación del Sector Eléctrico (B.O.E. de 28-11-97).
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico (B.O.E. 21-06-01).
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, del Ministerio de Ciencia y Tecnología por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01 e BT 52 (B.O.E. de 18-09-02).
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09. Corrección de errores (B.O.E. de 17-05-08. Corrección de errores (B.O.E. de 19-07-08).
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión, y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23 (B.O.E. de 09-06-14).
- Orden 9/2010, de 7 de abril, de la Conselleria de Infraestructuras y Transporte, por la que se modifica la Orden de 12 de febrero de 2001, de la Conselleria de Industria y Comercio, por l que se modifica la de 13 de marzo de 2000, sobre

contenido mínimo en proyectos de industrias e instalaciones industriales (D.O.G.V. de 16-04-10).

- Resolución de 22 de noviembre de 2019, de la Dirección General de Industria y de la pequeña y Mediana Empresa, por la que se aprueban especificaciones particulares y proyectos tipo de I-DE Redes Eléctricas Inteligentes, S.A.
- “PROYECTO TIPO DE LINEA SUBTERRANEA DE AT HASTA 30 kV” REF. MT 2.31.01 en su última edición, publicado por i-DE que establece y justifica todos los datos técnicos para su construcción.
- “PROYECTO TIPO PARA CENTRO DE SECCIONAMIENTO PARA CONEXIÓN DE INSTALACIONES PARTICULARES” Ref. 2.11.20, en su última edición.
- “ESPECIFICACIONES PARTICULARES PARA INSTALACIONES DE CLIENTE EN AT” Ref. 2.00.03, en su última edición.
- “GUÍA PARA LA INSTALACIÓN DE MEDIDA EN CLIENTES Y RÉGIMEN ESPECIAL DE A.T. (HASTA 132 kV)” Ref. 2.80.14, en su última edición.
- Normas de la Empresa Suministradora de Energía I-DE de aplicación a esta instalación.
- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.

#### 1.1.4. TITULAR DE LA INSTALACIÓN

La titularidad de las instalaciones corresponde a “CENTROS COMERCIALES COSTA BLANCA SL” con CIF “B-895252” y domicilio social en “CENTRO COMERCIAL ZENIA BOULEVARD BAJO 1, ORIHUELA, ALICANTE 03189”.

Una vez finalizada la instalación se procederá a la cesión de la línea subterránea de media tensión en adelante LSMT y centro de seccionamiento en adelante CS a la empresa distribuidora i-DE Redes Eléctricas Inteligentes, S.A. (CIF A\_95075578) con domicilio social en Avda. San Adrián, 48 -48003 Bilbao (Bizkaia).

#### 1.1.5. EMPLAZAMIENTO DE LAS INSTALACIONES

Las instalaciones están localizadas en la parcela catastral con referencia

Nº 9007301XH9090N en CL JADE 2 CC ZENIA BOULEVARD ORIHUELA (ALICANTE).

El punto de entronque de la LSMT y CS ha sido determinado de forma común con la empresa distribuidora I-DE.

El resto de las ubicaciones se han determinado de acuerdo con las necesidades expuestas por la propiedad y las necesidades técnicas.

#### 1.1.6. CATEGORÍA DE LA LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN Y ZONA

|                      |                   |
|----------------------|-------------------|
| tensión nominal      | 20kv              |
| Frecuencia           | 50 Hz             |
| Corriente            | Alterna trifásica |
| tensión máxima       | 24kV              |
| categoría de la red  | 3º                |
| Zona                 | A                 |
| Longitud de la línea | 14m               |

#### 1.1.7. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CENTRO DE SECCIONAMIENTO

El centro de seccionamiento será prefabricado de hormigón y deberá cumplir con todo lo especificado en el NI 50.40.10 “Especificación Particular - Envolventes prefabricadas de hormigón, para Centros de Seccionamiento independientes de superficie, de maniobra exterior, para conexión de instalaciones particulares, hasta 24 kV”.

La ubicación fijada es de libre acceso, para facilitar en todo momento el acceso a los operarios de la compañía eléctrica para posibles maniobras o trabajos asociados.

El modelo seleccionado es el cms.21 de Ormazábal, o uno similar de mismas características.

#### 1.1.8. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

El presente Centro de Transformación consta de un contador tarificador electrónico multifunción, un registrador electrónico y una regleta de verificación. Todo ello va en el interior de un armario homologado por la compañía distribuidora para contener estos equipos. Para este caso en particular se deberá cumplir la normativa aplicable de la compañía: I-DE “GUÍA PARA INSTALACIÓN DE MEDIDA EN CLIENTES E INSTALACIONES DE GENERACIÓN DE AT (HASTA 132 KV) Código MT 2.80.14”. El modelo seleccionado es tipo pfu.4 de Ormazabal, o uno similar de mismas características.

#### 1.1.9. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN

Al tratarse de una instalación en intemperie, en el parking exterior del centro comercial queda englobada en lo establecido en el punto dos de la ITC-BT-30 como local mojado.

Por otro lado, la instalación de los puntos de recarga está definida por lo establecido en la ITC-BT-52 por lo que deberá ajustarse a lo establecido por la citada ITC.

El esquema que más se ajusta al proyectado es tipo 4B, ya que como se cita en la guía de la ITC-BT-52 es aquel que se emplea para aparcamientos colectivos en propiedad horizontal o aparcamientos en edificaciones de uso no residencial como es el caso que nos incurre.

La instalación en baja tensión estará formada por:

| <b>SAVE</b>               | <b>N.º<br/>UNIDADES</b> | <b>POTENCIA<br/>UNITARIA<br/>[kW]</b> |
|---------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| Ingeteam RAPID 120        | 2                       | 120                                   |
| Ingeteam RAPID 50         | 2                       | 50                                    |
| Ingeteam FUSION<br>Street | 8                       | 14,8                                  |

Se alimentará los puntos de recarga desde el cuadro de baja tensión el cual estará alimentado por 4 líneas procedentes del cuadro de baja tensión del centro de transformación energizado mediante una maquina transformada 20/0,42kV de 630 kVAs.

#### 1.1.10. PROGRAMA DE NECESIDADES, POTENCIA A TRANSPORTAR Y USO CONCRETO DE LA ENERGÍA

Los receptores que alimentar son los siguientes:

| <b>MODELO</b>             | <b>N.º<br/>UNIDADES</b> | <b>POTENCIA<br/>UNITARIA<br/>[kW]</b> | <b>POTENCIA<br/>TOTAL [kW]</b> |
|---------------------------|-------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| Ingeteam RAPID 120        | 2                       | 120                                   | 240                            |
| Ingeteam RAPID 50         | 2                       | 50                                    | 100                            |
| Ingeteam FUSION<br>Street | 8                       | 14,8                                  | 118,4                          |
|                           |                         | <b>Sumatoria<br/>potencia</b>         | 458,4                          |

Sumando queda una potencia máxima de 458,4 kW, que será la potencia máxima para contratar, ya que en un pico de consumo será la demandada por la instalación.

La potencia máxima que admite la instalación podemos establecerla con el amperaje nominal del IGA del cuadro de baja tensión ubicado en el CT al que le corresponde una intensidad de 1000 A por ende la instalación tendrá una potencia máxima admisible de: 624 Kw.

#### 1.1.11. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

##### 1.1.11.1. DESCRIPCIÓN LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN

###### 1.1.11.1.1. TRAZADO

El punto de entronque ha sido determinado de forma conjunta con I-DE. Se puede observar en detalle en el plano adjunto.

Su origen se da en las coordenadas WGS84 aproximadas: 37.9284, -0.7370

El trazado de la línea tiene su origen en el punto de entronque anteriormente indicado, dirección al centro de seccionamiento y acabando en el centro de transformación de abonado.

Se ha proyectado de tal forma que la longitud sea la menor posible y el trazado sea lo más recto posible.

###### 1.1.11.1.2. MATERIALES

El cable a emplear será HEPRZ1 12/20 kV 1x240 K+H16 Al mm<sup>2</sup> de las siguientes características:

- Conductor: Aluminio rígido clase 2 s/UNE EN 60228 IEC 60228.
- Pantalla sobre conductor: Semiconductora extruida sobre conductor adherida al aislamiento
- Aislamiento: Etileno-propileno de alto módulo (HEPR).

- Pantalla sobre aislamiento: Semiconductora extruida sobre aislamiento despegable en frío.
- Pantalla metálica: Hilos de cobre aplicados helicoidalmente y con contraespira. Sección total 16 mm<sup>2</sup> (H16).

Cubierta exterior: Poliolefina libre de halógeno. Color rojo.

La canalización se ejecutará según el proyecto tipo de I-DE MT 2.31.01 para líneas subterráneas de AT hasta 30 kV. En particular en el punto 8.3 del citado manual, donde se expone todas las características de dicha canalización entubada.

Se adjunta también un plano con trazado de canalización y perfil de zanja.

#### 1.1.11.2. DESCRIPCIÓN DEL CENTRO DE SECCIONAMIENTO

##### 1.1.11.2.1. OBRA CIVIL

##### 1.1.11.2.1.1. EXCAVACIÓN

Para llevar a cabo la excavación para la instalación del centro de seccionamiento nos ceñiremos a lo requerido por el fabricante con unas dimensiones de:

- Longitud: 3,67 m
- Fondo: 2,74 m
- Profundidad: 0,67 m

Lo que conllevará un volumen de movimiento de tierras de 6,8 m<sup>3</sup> de tierra aproximadamente.

#### 1.1.11.2.2. LOCAL

El cms.21 seleccionado de Ormazabal está constituido por una construcción prefabricada de hormigón.

De dimensiones:

- Longitud: 2,31 m
- Fondo: 1,37 m
- Alto: 2,50 m
- Peso: 4150 kg

#### 1.1.11.2.2.1. FOSO DE RECOGIDA DE ACEITE

No procede al no tener maquina transformadora.

#### 1.1.11.2.2.2. CELDAS

Las celdas cumplirán lo especificado en el documento NI 50.42.11 “Especificación Particular - Celdas de Alta Tensión bajo envolvente metálica hasta 36 kV, prefabricadas, con dieléctrico de SF6, para CT”.

Deberá tener espacio para albergar la siguiente configuración de celdas 3L + SSAA.

#### 1.1.11.2.2.3. PASO DE CABLES DEL EXTERIOR

Para la acometida en media tensión se ha proyectado una arqueta a la entrada del CS, la canalización será entubada y se deberá de dejar coca suficiente para conectar el cable en cualquiera de las posiciones de celda disponible.

El prefabricado dispondrá por debajo de la cota del suelo, de partes debilitadas de hormigón que

una vez rotas permitirán el paso de cables desde el exterior.

#### 1.1.11.2.3. PUESTA A TIERRA

Los cálculos y requisitos para la instalación de puesta a tierra se encuentran definidos en el MT 2.11.33 “Especificaciones Particulares para el diseño de puestas a tierra para Centros de Transformación, de tensión nominal  $\leq 30$  kV”.

El electrodo de puesta a tierra de protección estará formado por un anillo perimetral de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup>, enterrado a 0,5 m de profundidad, y separado 1 m de las paredes del Centro de Transformación.

En las esquinas y punto medios de cada lado del anillo se colocará una pica cilíndrica, de acero cobrizado, de 14 mm de diámetro y de 2 m de longitud (8 picas en total).

En el exterior del Centro, desde sus paredes hasta 1,2 m de este, se construirá una acera perimetral de hormigón de 15 cm de espesor. Esta acera contendrá en su interior un mallazo electrosoldado.

Los cálculos se han realizado para un diseño preliminar CPT-CT-A-(3X4) +8P2.

|                                        |                                          |
|----------------------------------------|------------------------------------------|
| Geometría                              | A: Anillo Rectangular a 1m del perímetro |
| Identificación                         | CPT-CT-A-(3X4)+8P2                       |
| Profundidad electrodo                  | 0,5 m                                    |
| Dimensión de la red                    | 3x4 m                                    |
| Separación entre picas                 | 3 m                                      |
| Numero de picas                        | 8 ud                                     |
| Longitud y diámetro de picas           | 2m / 14 mm                               |
| Sección del conductor desnudo de cobre | 50 mm <sup>2</sup>                       |

Las dimensiones reales se pueden ver en el plano adjuntos, al ser mayores que las del diseño preliminar se dan por correctas sin volver a realizar las comprobaciones.

#### 1.1.11.2.4. AUTOMATIZACIÓN

El centro de seccionamiento estará totalmente motorizado, para que la compañía eléctrica pueda llevar a cabo la telegestión.

Los equipos para automatización de red, telegestión y comunicaciones se instalarán tal como se especifica en el MT 3.51.20 “Especificaciones Particulares para Sistemas de telegestión y Automatización de Red. Instalación en Centros de Transformación”

Los términos y requisitos de los equipos serán los solicitados por la compañía en la carta de condiciones.

#### 1.1.11.3. DESCRIPCIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

El centro de transformación de cliente a instalar será un CT de intemperie prefabricado tipo PFU-4 de Ormazabal.

En el interior del centro se instalar una configuración de celdas 1L1P1M, un transformador de 630 kVAs de aceite vegetal con una tensión de entrada en el primario de 20 kV y salida en el secundario de 420 V.

##### 1.1.11.3.1. OBRA CIVIL

##### 1.1.11.3.1.1. EXCAVACIÓN

Al tratarse de un centro de transformación prefabricado nos ceñiremos a las medidas establecidas por el fabricante para realizar la excavación necesaria para implantar el CT.

Las medidas de la excavación serán:

- Ancho: 5,26 m
- Largo: 3,18 m
- Profundidad: 0,56 m

Dando así lugar a un movimiento de tierras medido en metros cúbicos de: 9,4 m<sup>3</sup> aproximadamente.

#### 1.1.11.3.2. LOCAL

##### 1.1.11.3.2.1. ENVOLVENTE

El centro de transformación de cliente a instalar será un CT de intemperie prefabricado tipo PFU-4 de Ormazabal.

##### 1.1.11.3.2.2. ACCESO

El acceso al centro de transformación está restringido a personal autorizado y cualificado para ello.

Dispone de puertas para ello, las dimensiones de estas y ubicación se pueden ver en los planos adjuntos.

##### 1.1.11.3.2.3. FOSO DE RECOGIDA DE ACEITES

Aunque el transformador seleccionado es de aceite vegetal y por las características de este no necesita foso de recogida de aceite.

El centro al ser prefabricado dispondrá del mismo, teniendo una capacidad de suficientemente grande como para poder recoger todo el dieléctrico del transformador.

##### 1.1.11.3.2.4. DISPOSICIÓN

El centro estará equipado con:

- 2 celdas de línea
- 1 celda de protección
- 1 celda de medida

Las características de dichas celdas son descritas más adelante en el proyecto.

Se puede consultar el esquema unifilar, dimensiones e implantación en el CT en el plano adjunto.

#### 1.1.11.3.2.5. DEFENSA DEL TRANSFORMADOR

El transformador se delimitará para evitar el contacto con zonas de tensión.

Disponiendo de cerradura enclavada con la celda de protección correspondiente.

#### 1.1.11.3.2.6. VENTILACIÓN

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

- 97624-1-E, para ventilación de transformadores de potencia unitaria hasta 1000 kVA
- 960124-CJ-EB-01, para ventilación de transformador de potencia hasta 1600 kVA.

#### 1.1.11.3.2.7. IMPERMEABILIZACIÓN

El fabricante deberá de certificar la estanqueidad del centro de transformación, realizando en su proceso de fabricación las diferentes pruebas y procedimientos que considere oportunos.

#### 1.1.11.3.2.8. RESISTENCIA AL FUEGO

El fabricante usara materiales que cumplan con las diferentes normas internas de I-DE y reglamentación aplicable a este tipo de instalaciones. Garantizando por tanto la resistencia al fuego.

#### 1.1.11.3.2.9. PASO DE CABLES DEL EXTERIOR

El prefabricado dispondrá por debajo de la cota del suelo, de partes debilitadas de hormigón que una vez rotas permitirán el paso de cables desde el exterior.

#### 1.1.11.3.3. INSTALACIÓN ELÉCTRICA CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

##### 1.1.11.3.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE ALIMENTACIÓN

La tensión de la línea de media tensión es de 20 kV con una frecuencia de 50 Hz.

El cable a emplear será HEPRZ1 AL 12/20 kV de las siguientes características:

- Conductor: Aluminio rígido clase 2 s/UNE EN 60228 IEC 60228.
- Pantalla sobre conductor: Semiconductora extruida sobre conductor adherida al aislamiento.
- Aislamiento: Etileno-propileno de alto módulo (HEPR).
- Pantalla sobre aislamiento: Semiconductora extruida sobre aislamiento despegable en frío.
- Pantalla metálica: Hilos de cobre aplicados helicoidalmente y con contraespira. Sección total 16 mm<sup>2</sup> (H16).
- Cubierta exterior: Poliolefina libre de halógeno. Color rojo.

##### 1.1.11.3.3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA APARAMENTA DE ALTA TENSIÓN

Se emplearán celdas modelo cgmcosmos del fabricante Ormazabal o similar.

###### 1.1.11.3.3.2.1. CELDAS DE LÍNEA

La celda de línea estará equipada con un interruptor-seccionador de tres posiciones: cerrado, abierto o puesto a tierra. Con aislamiento integral en gas SF6.

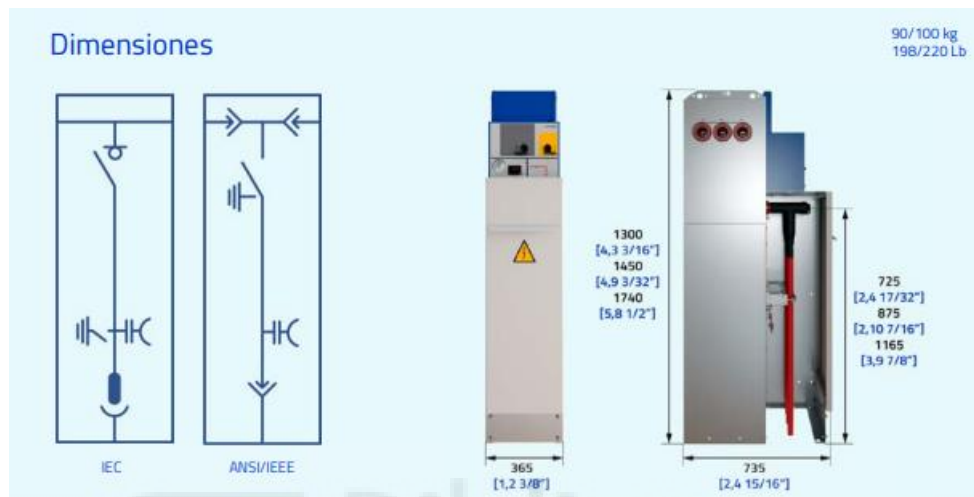
Modelo de celda: cgmcosmos-l o similar.

Las características eléctricas más destacadas:

- tensión asignada: 24 kV
- Frecuencia asignada: 50 Hz

- Corriente asignada: 400 A
- Corriente admisible corta duración: 16 kA

La función principal de este tipo de celdas es la maniobra de líneas de media, con capacidad de corte en funcionamiento nominal y la suficiente robustez para soportar corrientes de cortocircuito que se pudiesen dar.

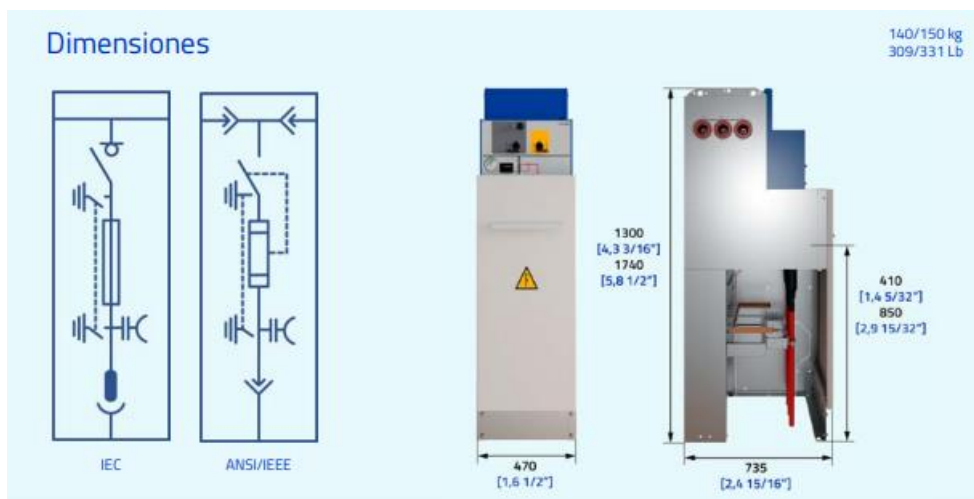


#### 1.1.11.3.3.2.2. CELDA DE PROTECCIÓN

La celda de protección seleccionada del fabricante Ormazabal pertenece a la gama cgmcosmos-p, con aislamiento integral en gas SF6, equipada con un interruptor-seccionador de tres posiciones: cerrado, abierto o puesto a tierra, junto con un fusible limitador de corriente con alta capacidad de corte en cortocircuito. Formando así la unidad necesaria para proteger a la maquina transformadora.

Las características electricas más destacadas:

- tensión asignada: 24 kV
- Frecuencia asignada: 50 Hz
- Corriente asignada: 400 A
- Corriente admisible corta duración: 16 kA
- Poder de corte fusible: hasta 50 kA



#### 1.1.11.3.3.2.3. CELDA DE MEDIDA

Las celdas de medida corresponden a la gama cgmcosmos-m se tratan de celdas modulas cuyo objetivo es albergar los transformadores de tensión e intensidad necesarios para realizar la medida de la energía.

Las características elécticas más destacadas:

- tensión asignada: 24 kV
- Frecuencia asignada: 50 Hz
- Corriente asignada: 400 A
- Corriente admisible corta duración: 16 kA

#### 1.1.11.3.3.3. MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

El presente Centro de Transformación consta de un contador tarificador electrónico multifunción, un registrador electrónico y una regleta de verificación. Todo ello va en el interior de un armario homologado por la compañía distribuidora para contener estos equipos. Para este caso en particular se deberá cumplir la normativa aplicable de la compañía: I-DE “GUÍA PARA INSTALACIÓN DE MEDIDA EN CLIENTES E INSTALACIONES DE GENERACIÓN DE AT (HASTA 132 KV) Código MT 2.80.14”

#### 1.1.11.3.4. INSTALACIONES SECUNDARIAS

##### 1.1.11.3.4.1. ALIMENTACIÓN BT PARA SERVICIOS AUXILIARES

Se realizará la alimentación de los servicios auxiliares se hará desde el cuadro supletorio adosado al cuadro de baja tensión.

##### 1.1.11.3.4.2. ALUMBRADO

El centro de transformación dispondrá de alumbrado que garantizará un nivel uniforme dentro del recinto de 150 lux.

El interruptor de control de iluminación se situará junto a la puerta de acceso al centro de transformación para facilitar el encendido y apagado a la entra/salida.

##### 1.1.11.3.4.3. VENTILACIÓN

Se realizará de manera natural mediante rejillas ubicadas en el contorno del centro de transformación.

El fabricante deberá de justificar que es suficiente y demostrarlo mediante los ensayos pertinentes.

#### 1.1.11.3.5. PUESTA A TIERRA

##### 1.1.11.3.5.1. TIERRA DE PROTECCIÓN. TIERRAS INTERIORES

El objetivo de esta toma de tierra como su nombre indica es la protección, se conectará a ella todos los elementos metálicos de la instalación que normalmente no deberían de estar baja tensión y que en caso de fallo pudiesen estarlo.

Como por ejemplos:

- Envolverte de celdas
- Puertas, rejillas...
- Pantalla de los conductores
- Mallazo de la acera perimetral

O cualquier elemento metálico no descrito anteriormente pero que cumpla con lo establecido.

La configuración mínima seleccionada para este proyecto es la descrita a continuación:

|                                        |                                          |
|----------------------------------------|------------------------------------------|
| Geometría                              | A: Anillo Rectangular a 1m del perímetro |
| Identificación                         | CPT-CT-A-(4x5) +8P2                      |
| Profundidad electrodo                  | 0,5 m                                    |
| Dimensión de la red                    | 4x5 m                                    |
| Separación entre picas                 | 3 m                                      |
| Numero de picas                        | 8 ud                                     |
| Longitud y diámetro de picas           | 2m / 14 mm                               |
| Sección del conductor desnudo de cobre | 50 mm <sup>2</sup>                       |

#### 1.1.11.3.5.2. TIERRA DE SERVICIO

Tierra empleada para poner a tierra el punto neutro del transformador en el lado de baja tensión, así como los equipos auxiliares que requieran de esta referencia 0 para su correcto funcionamiento.

Debe de ser independiente de la tierra de protección salvo que se indique lo contrario.

Para la tierra de servicio / neutro se toma como criterio no ocasionar tensiones superiores a 24 V cuando existe un defecto a tierra en una instalación de BT protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 650mA. Por ello la resistencia a tierra del neutro debe ser inferior a  $37 \Omega$

La configuración seleccionada es la indicada a continuación:

|                                        |                                      |
|----------------------------------------|--------------------------------------|
| Geometría                              | Picas en hilera unidas por conductor |
| Identificación                         | 5/32                                 |
| Profundidad electrodo                  | 0,5 m                                |
| Separación entre picas                 | 3 m                                  |
| Numero de picas                        | 3 ud                                 |
| Longitud y diámetro de picas           | 2m                                   |
| Sección del conductor desnudo de cobre | 50 mm <sup>2</sup>                   |
| diámetro de picas                      | 14mm                                 |

#### 1.1.11.3.5.3. CAJA DE SECCIONAMIENTO DE TIERRAS

La caja de seccionamiento es el punto que permite la unión/separación entre la tierra de servicio y protección.

En el presente proyecto en operación normal las tierras de servicio y protección permanecerán separadas. Para que esto ocurra a la hora de realizar la instalación debemos guardar la distancia calculada en el apartado correspondiente.

#### 1.1.11.4. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN

##### 1.1.11.4.1. POTENCIA DE LA INSTALACIÓN

Como hemos descrito anteriormente, la instalación estará compuesta de los siguientes receptores:

| <b>MODELO</b>             | <b>N.º<br/>UNIDADES</b> | <b>POTENCIA<br/>UNITARIA<br/>[kW]</b> | <b>POTENCIA<br/>TOTAL [kW]</b> |
|---------------------------|-------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| Ingeteam RAPID 120        | 2                       | 120                                   | 240                            |
| Ingeteam RAPID 50         | 2                       | 50                                    | 100                            |
| Ingeteam FUSION<br>Street | 8                       | 14,8                                  | 118,4                          |
|                           |                         | <b>Sumatoria<br/>potencia</b>         | 458,4                          |

La potencia máxima admisible por la instalación definida por el interruptor automático general de 1000 A.

##### 1.1.11.4.2. INSTALACIONES DE ENLACE

###### 1.1.11.4.2.1. CARACTERÍSTICAS

En el presente proyecto al tratarse de una instalación que se va a alimentar mediante un transformador propio de abonado, la separación compañía distribuidora-cliente se establece en el centro de seccionamiento proyectado.

###### 1.1.11.4.2.2. CUADRO DE BAJA TENSIÓN

El cuadro de baja tensión (CBT) ubicado en el centro de transformación, tiene como objetivo recibir las líneas de alimentación del transformador.

En el caso que nos ocupa estará formado por:

- Interruptor automático general de 1000 A con bobina de disparo
- 4 salidas protegidas mediante fusibles.

El objetivo de la bobina de disparo no es otro que establecer un corte general sin tener que acceder al centro de transformación, permitiendo así al personal de mantenimiento o usuarios ante un peligro inminente detener la alimentación de los puntos de recarga de forma segura y rápida.

#### 1.1.11.4.2.3. LÍNEA DE SALIDA CUADRO DE BAJA TENSIÓN

Se describe las líneas que une el CBT con el cuadro general de mando y protección de la instalación.

Tendrán las siguientes características:

##### Líneas cuadro de baja tensión CT abonado

| Descripción   | Cálculo<br>[kW] | Long.<br>[m] | I.Diseño<br>[A] | Sección<br>[mm <sup>2</sup> ] | Canalización<br>[mm] | $\Delta V$<br>[V] | Iccmax<br>[kA] | Pdc<br>[kA] | I.Protección<br>[A] |
|---------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------------------------|----------------------|-------------------|----------------|-------------|---------------------|
| <b>LSBT 1</b> | 120             | 5            | 183,29          | RZ1-K(AS)<br>3(1X240)+1X150   | Tubo 250             | 0,262             | 20,54          | 50          | 200                 |
| <b>LSBT 2</b> | 120             | 5            | 183,29          | RZ1-K(AS)<br>3(1X240)+1X150   | Tubo 250             | 0,262             | 20,54          | 50          | 200                 |
| <b>LSBT 3</b> | 100             | 5            | 152,74          | RZ1-K(AS)<br>3(1X240)+1X150   | Tubo 250             | 0,218             | 20,54          | 50          | 200                 |
| <b>LSBT 4</b> | 118,4           | 5            | 180,84          | RZ1-K(AS)<br>3(1X240)+1X150   | Tubo 250             | 0,258             | 20,54          | 50          | 200                 |

#### 1.1.11.4.2.4. CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN

##### 1.1.11.4.2.4.1. EMPLAZAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS

El cuadro de mando y protección se ubicará en el punto indicado en el plano adjunto a dicho proyecto.

Su composición queda definida en el esquema unifilar adjuntado en los planos del proyecto.

Al estar en exterior el cuadro quedará totalmente recubierto por una hornacina de obra y tendrá rejillas que permitan su ventilación con el fin de evitar condensaciones en su interior.

##### 1.1.11.4.2.4.2. MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRE INTENSIDADES

Tal y como se establece en la ITC-BT-22 los circuitos deben de estar protegidos contra sobreintensidades en su recorrido hacia el receptor.

La selección del interruptor se refleja en el proceso de cálculo de dicho proyecto, aunque como base elemental se deberá de seleccionar una intensidad de disparo tal que sea capaz de proteger el circuito en funcionamiento nominal y no salte de manera intempestiva.

##### 1.1.11.4.2.4.3. MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS Y INDIRECTOS

Se debe de tener en cuenta lo establecido en la ITC-BT-24 estableciendo así las medidas generales para proteger a la instalación frente a contactos directos e indirectos.

Todos los receptores finales estarán protegidos por un diferencial de 30mA de sensibilidad, al tratarse de una instalación de puntos de recarga la ITC-BT-52 establece que sean como mínimo de clase A.

Cuando el punto de recarga este equipado con una toma de corriente o un conector de vehículo según la serie de normas EN 62.196 se deberá de disponer de un diferencial clase B capaz de disparar con tensiones de defecto en continua de 6 mA.

En ocasiones el SAVE dispone de dicha protección tipo B, de no incluirla se deberá incorporar en el cuadro general de mando y protección.

#### 1.1.11.4.2.4.4. MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

En la ITC-BT-52 punto 6.4 establece que todos los circuitos deben estar protegidos contra sobretensiones permanentes y transitorias. Los dispositivos seleccionados deberán ser adecuados para la máxima sobretensión entre fase y neutro prevista.

Se deberá instalar en el cuadro general de mando y protección.

Los equipos deberán de disponer de protecciones contra estos fenómenos de forma interna.

#### 1.1.11.4.2.4.5. DESCRIPCIÓN DEL CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN

Los componentes y características de los equipos que forman el CGMP se podrán observar en el plano adjunto a dicho proyecto.

#### 1.1.11.4.3. INSTALACIONES RECEPTORAS EN BT

##### 1.1.11.4.3.1. LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN A INSTALACIONES RECEPTORAS

Se define como líneas de alimentación a instalaciones receptoras a aquellas que unen el CGMP con el receptor final.

#### 1.1.11.4.3.2. CANALIZACIÓN

Los tubos instalados cumplirán con lo establecido en las ITC-BT 21 y 29. En la tabla adjunta se muestran las diferentes canalizaciones para cada circuito:

| Descripción  | Canalización [mm] | Longitud [m] |
|--------------|-------------------|--------------|
| C.CARGADOR 1 | Tubo 250          | 12           |
| C.CARGADOR 2 | Tubo 250          | 12           |
| C.CARGADOR 3 | Tubo 160          | 20           |
| C.CARGADOR 4 | Tubo 160          | 20           |
| C.CARGADOR 5 | Tubo 160          | 35           |
| C.CARGADOR 6 | Tubo 160          | 45           |

#### 1.1.11.4.3.3. CABLES

Todos los circuitos del presente proyecto emplearan conductores de cobre del tipo RZ1-K (AS).

A continuación, se muestra las diferentes secciones dependiendo de la carga y longitud de cada circuito:

| Descripción  | Cableado [mm2]              | Longitud [m] |
|--------------|-----------------------------|--------------|
| C.CARGADOR 1 | RZ1-K(AS)<br>3(1X240)+1X150 | 12           |
| C.CARGADOR 2 | RZ1-K(AS)<br>3(1X240)+1X150 | 12           |
| C.CARGADOR 3 | RZ1-K(AS)<br>3(1X95)+1X50   | 20           |
| C.CARGADOR 4 | RZ1-K(AS)<br>3(1X95)+1X50   | 20           |
| C.CARGADOR 5 | RZ1-K(AS) 4(1X95)           | 35           |
| C.CARGADOR 6 | RZ1-K(AS) 4(1X95)           | 45           |

#### 1.1.11.4.3.4. CONDUCTORES DE PROTECCIÓN

En la instrucción técnica complementaria 52, se dedica un apartado a la red de tierras para los puntos de recarga ubicados a la intemperie.

Para el caso del presente proyecto se utilizará conductor desnudo de cobre con sección mínima de 35mm<sup>2</sup> y se instalar por fuera de las canalizaciones.

#### 1.1.11.4.3.5. CIRCUITOS

##### LSBT 1

| Descripción             | Cálculo<br>[kW] | Long.<br>[m] | I.Diseño<br>[A] | Sección<br>[mm <sup>2</sup> ] | Canalización<br>[mm] | $\Delta V$<br>[V] | Iccmax<br>[kA] | Pdc<br>[kA] | I.Protección<br>[A] |
|-------------------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------------------------|----------------------|-------------------|----------------|-------------|---------------------|
| <b>C.CARGADOR<br/>1</b> | 120             | 12           | 192,45          | RZ1-K(AS)<br>3(1X240)+1X150   | Tubo 250             | 0,592             | 19,24          | 20          | 200                 |

##### LSBT 2

| Descripción             | Cálculo<br>[kW] | Long.<br>[m] | I.Diseño<br>[A] | Sección<br>[mm <sup>2</sup> ] | Canalización<br>[mm] | $\Delta V$<br>[V] | Iccmax<br>[kA] | Pdc<br>[kA] | I.Protección<br>[A] |
|-------------------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------------------------|----------------------|-------------------|----------------|-------------|---------------------|
| <b>C.CARGADOR<br/>2</b> | 120             | 12           | 192,45          | RZ1-K(AS)<br>3(1X240)+1X150   | Tubo 250             | 0,592             | 19,24          | 20          | 200                 |

##### LSBT 3

| Descripción             | Cálculo<br>[kW] | Long.<br>[m] | I.Diseño<br>[A] | Sección<br>[mm <sup>2</sup> ] | Canalización<br>[mm] | $\Delta V$<br>[V] | Iccmax<br>[kA] | Pdc<br>[kA] | I.Protección<br>[A] |
|-------------------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------------------------|----------------------|-------------------|----------------|-------------|---------------------|
| <b>C.CARGADOR<br/>3</b> | 50              | 20           | 80,19           | RZ1-K(AS)<br>3(1X95)+1X50     | Tubo 160             | 0,798             | 19,24          | 20          | 100                 |
| <b>C.CARGADOR<br/>4</b> | 50              | 20           | 80,19           | RZ1-K(AS)<br>3(1X95)+1X50     | Tubo 160             | 0,798             | 19,24          | 20          | 100                 |

#### LSBT 4

| Descripción              | Cálculo<br>[kW] | Long.<br>[m] | I.Diseño<br>[A] | Sección<br>[mm <sup>2</sup> ] | Canalización<br>[mm] | $\Delta V$<br>[V] | Iccmax<br>[kA] | Pdc<br>[kA] | I.Protección<br>[A] |
|--------------------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------------------------|----------------------|-------------------|----------------|-------------|---------------------|
| <b>C.CARGADORES</b><br>5 | 59,2            | 35           | 94,94           | RZ1-K(AS)<br>4(1X95)          | Tubo 160             | 1,458             | 19,24          | 20          | 100                 |
| <b>C.CARGADORES</b><br>6 | 59,2            | 45           | 94,94           | RZ1-K(AS)<br>4(1X95)          | Tubo 160             | 1,8               | 19,24          | 20          | 100                 |

#### 1.1.11.4.3.6. RECEPTORES

La instalación se realizará con puntos de recarga del fabricante INGETEAM, todos ellos deberán de disponer de punto 4G para realizar las comunicaciones pertinentes con los equipos.

Listado de receptores:

| SAVE                      | N.º<br>UNIDADES | POTENCIA<br>UNITARIA<br>[kW] |
|---------------------------|-----------------|------------------------------|
| Ingeteam RAPID 120        | 2               | 120                          |
| Ingeteam RAPID 50         | 2               | 50                           |
| Ingeteam FUSION<br>Street | 8               | 14,8                         |

#### 1.1.11.4.3.7. ALUMBRADO

El parking donde se ha realizado la instalación cuenta con iluminación artificial para las horas donde no se dispone de sol, con el fin de reforzar dicha iluminación se instalará luminarias solares que permitan realizar la tarea de carga de manera segura.

Dichas luminarias cumplirán con lo establecido en el reglamento de eficiencia energética.

#### 1.1.11.4.3.8. PUESTA A TIERRA

Se ha dimensionado la red de puesta a tierra de tal forma que no se produzcan tensiones de contacto mayores a 24 V.

La red de tierras estará compuesta por:

- 6 picas de 2 m de longitud
- 48 m de conductor desnudo de cobre de 50 mm<sup>2</sup>

Una vez realizada la puesta a tierra se medirá la tensión de contacto y la resistencia de puesta a tierra. Si alguno de los valores quedase por encima de los establecidos en el proyecto se mejorará la red aumentando los metros de conductor desnudo.

#### 1.1.11.4.4. EQUIPOS DE COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA

No aplica

#### 1.1.11.4.5. ALUMBRADOS ESPECIALES

No aplica

#### 1.1.12. SEÑALES VIALES

Las zonas de aparcamiento están reservadas para vehículos en proceso de recarga por tanto se dispondrá de señales suficientes para que los usuarios queden avisados.

Se adjunta planos donde podrá observarse las señales a utilizar y el pintado de las plazas de aparcamiento reservadas para tal fin.

#### 1.1.13. PROGRAMA DE EJECUCIÓN

El plazo de ejecución de las obras se establece en 3 meses y queda supeditado al acopio de materiales por parte del contratista.

## 1.2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

### 1.2.1. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN

Se tomarán las intensidades máximas admisibles, temperaturas máximas permanentes en los conductores, cortocircuito, caída de tensión y demás factores para determinar la sección de los conductores.

En particular se tomarán los siguientes factores en cuenta:

- Intensidad máxima admisible por el cable, partiendo de la potencia que va a transportar el cable.
- Caída de tensión
- Intensidad máxima admisible durante cortocircuito.

#### 1.2.1.1. DENSIDAD DE CORRIENTE

**Tabla 9**  
Intensidades máximas admisibles (A), en servicio permanente y con corriente alterna.  
Cables unipolares aislados con conductores de aluminio de hasta 18/30 kV bajo tubo

| Sección (mm <sup>2</sup> ) | Tipo de aislamiento |      |
|----------------------------|---------------------|------|
|                            | XLPE                | HEPR |
| 240                        | 320                 | 345  |
| 630                        | 535                 | 588  |

\*Extraída de MT 2.31.01 (19-05)

$$\sigma = \frac{S}{I_z}$$

Donde:

$\sigma$  = Densidad de corriente [A/mm<sup>2</sup>]

S = Sección del conductor (mm<sup>2</sup>) = 240 mm<sup>2</sup>

I<sub>z</sub> = Intensidad máxima admisible del conductor [A] = 345 A

Dando como resultado una densidad de corriente  $\sigma = 1,4375$  A/mm<sup>2</sup>

### 1.2.1.2. INTENSIDAD MÁXIMA PERMANENTE

**Tabla 9**  
Intensidades máximas admisibles (A), en servicio permanente y con corriente alterna.  
Cables unipolares aislados con conductores de aluminio de hasta 18/30 kV bajo tubo

| Sección (mm²) | Tipo de aislamiento |      |
|---------------|---------------------|------|
|               | XLPE                | HEPR |
| 240           | 320                 | 345  |
| 630           | 535                 | 588  |

\*Extraída de MT 2.31.01 (19-05)

### 1.2.1.3. COEFICIENTES DE CORRECCIÓN DE LA INTENSIDAD MÁXIMA PERMANENTE

#### 1.2.1.3.1. COEFICIENTE POR TEMPERATURA DEL TERRENO

**Tabla A.6 – Factores de corrección para distintas temperaturas**

| Temperatura máxima del conductor, °C | Temperatura del aire ambiente en cables en galerías, °C |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                      | 20                                                      | 25   | 30   | 35   | 40   | 45   | 50   | 55   | 60   |
| 90                                   | 1,18                                                    | 1,14 | 1,10 | 1,05 | 1,00 | 0,95 | 0,89 | 0,84 | 0,77 |
| 105                                  | 1,14                                                    | 1,11 | 1,07 | 1,04 | 1,00 | 0,96 | 0,92 | 0,88 | 0,83 |
| Temperatura máxima del conductor, °C | Temperatura del terreno en cables soterrados, °C        |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                      | 10                                                      | 15   | 20   | 25   | 30   | 35   | 40   | 45   | 50   |
| 90                                   | 1,11                                                    | 1,07 | 1,04 | 1,00 | 0,96 | 0,92 | 0,88 | 0,83 | 0,78 |
| 105                                  | 1,09                                                    | 1,06 | 1,03 | 1,00 | 0,97 | 0,94 | 0,90 | 0,87 | 0,83 |

Extraída de UNE 211435

#### 1.2.1.3.2. COEFICIENTE POR DISTANCIA ENTRE TERNOS

En la Tabla 7, se indican los factores de corrección que se deben aplicar, según el número de ternos de cables unipolares y la distancia entre ternos.

**Factores de corrección por distancia entre ternas**

| Tipo de instalación | Separación de los ternos | Número de ternas de la zanja |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------|--------------------------|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                     |                          | 2                            | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| Cables bajo tubo    | En contacto (d=0 cm)     | 0,80                         | 0,70 | 0,64 | 0,60 | 0,57 | 0,54 | 0,52 | 0,50 | 0,49 |
|                     | d = 0,2 m                | 0,83                         | 0,75 | 0,70 | 0,67 | 0,64 | 0,62 | 0,60 | 0,59 | 0,58 |
|                     | d = 0,4 m                | 0,87                         | 0,80 | 0,77 | 0,74 | 0,72 | 0,71 | 0,70 | 0,69 | 0,68 |
|                     | d = 0,6 m                | 0,89                         | 0,83 | 0,81 | 0,79 | 0,78 | 0,77 | 0,76 | 0,75 | -    |
|                     | d = 0,8 m                | 0,90                         | 0,86 | 0,84 | 0,82 | 0,81 | -    | -    | -    | -    |

Extraída de MT 2.31.01 (19-05)

### 1.2.1.3.3. COEFICIENTE POR RESISTIVIDAD DEL TERRENO

La resistividad térmica del terreno depende del tipo de terreno y de su humedad, aumentando cuando el terreno está más seco.

**Tabla5**  
Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W

| Tipo de instalación                    | Sección del conductor<br>mm2 | Resistividad térmica del terreno,<br>K.m/W |      |      |      |      |      |      |  |
|----------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|--|
|                                        |                              | 0,8                                        | 0,9  | 1,0  | 1,5  | 2,0  | 2,5  | 3    |  |
| Cables en interior de tubos enterrados | 240                          | 1,15                                       | 1,12 | 1,10 | 1,00 | 0,92 | 0,86 | 0,81 |  |
|                                        | 400                          | 1,16                                       | 1,13 | 1,10 | 1,00 | 0,92 | 0,86 | 0,81 |  |
|                                        | 630                          | 1,17                                       | 1,14 | 1,11 | 1,00 | 0,92 | 0,86 | 0,81 |  |

Extraída de MT 2.31.01 (19-05)

### 1.2.1.3.4. COEFICIENTE POR PROFUNDIDAD DE ZANJA

En la Tabla 8, se indican los factores de corrección que deben aplicarse para profundidades de instalación distintas de 1 m (cables con aislamiento seco hasta 18/30 kV).

**Tabla 8**  
Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1m

| Profundidad<br>(m) | Cables bajo tubo de sección |                      |
|--------------------|-----------------------------|----------------------|
|                    | ≤185 mm <sup>2</sup>        | >185 mm <sup>2</sup> |
| 0,50               | 1,06                        | 1,08                 |
| 0,60               | 1,04                        | 1,06                 |
| 0,80               | 1,02                        | 1,03                 |
| 1,00               | 1,00                        | 1,00                 |
| 1,25               | 0,98                        | 0,98                 |
| 1,50               | 0,97                        | 0,96                 |
| 1,75               | 0,96                        | 0,95                 |
| 2,00               | 0,95                        | 0,94                 |
| 2,50               | 0,93                        | 0,92                 |
| 3,00               | 0,92                        | 0,91                 |

Extraída de MT 2.31.01 (19-05)

#### 1.2.1.4. INTENSIDAD MÁXIMA PERMANENTE CORREGIDA

Aplicando los diferentes factores de corrección anteriormente seleccionados resulta una intensidad máxima permanente corregida de 284,28 A

#### 1.2.1.5. REACTANCIA, RESISTENCIA Y CAPACIDAD

Tabla 2a  
Características cables con aislamiento de etileno propileno alto modulo (HEPR)

| Sección<br>mm <sup>2</sup> | Tensión<br>Nominal<br>kV | Resistencia<br>Máx. a 105°C<br>Ω /km | Reactancia<br>por fase al<br>tresbolillo<br>Ω /km | Capacidad<br>μ F/km |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------|
| 240                        | 12/20                    | 0,169                                | 0,105                                             | 0,453               |
| 400                        |                          | 0,107                                | 0,098                                             | 0,536               |
| 240                        | 18/30                    | 0,169                                | 0,113                                             | 0,338               |
| 400                        |                          | 0,107                                | 0,106                                             | 0,401               |
| 630                        |                          | 0,062                                | 0,096                                             | 0,443               |

Extraída de MT 2.31.01 (19-05)

Para una longitud de línea de 25 m, queda una resistencia de 0,004225 Ω , reactancia de 0,002625 Ω y una capacidad de 0,0011325 μF.

#### 1.2.1.6. CAÍDA DE TENSIÓN

La caída de tensión queda definida por la siguiente ecuación:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos(\phi) + X \cdot \text{sen}(\phi)) = 0,192 \text{ V}$$

Donde:

I = Intensidad a transportar [A] = 22,453

L = Longitud [km] = 0,025

R = Resistencia [Ω/km] = 0,169

X = Reactancia [Ω/km] = 0,105

Cos (ϕ) = Factor de potencia = 0,9

#### 1.2.1.7. POTENCIA A TRANSPORTAR

$$P = I \cdot \sqrt{3} \cdot U \cdot \cos(\phi) = 700 \text{ kW}$$

Donde:

I = Intensidad a transportar [A] = 22,453

U = Tensión compuesta [kV] = 20

Cos ( $\phi$ ) = Factor de potencia = 0,9

#### 1.2.1.8. INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO

El cálculo de la intensidad de cortocircuito de realizar mediante la siguiente ecuación:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U} = 10,104 \text{ kA}$$

Donde:

S<sub>cc</sub> = Potencia aparente de cortocircuito de la red de MT [MVA] = 350

U = Tensión compuesta [kV] = 20

#### 1.2.1.9. COMPROBACIONES

##### 1.2.1.9.1. POTENCIA A TRANSPORTAR

Aplicando la formula anteriormente definida la potencia máxima a transportar por el conductor seleccionado seria de 8906 kW potencia muy superior a los 700 kW a transportar.

##### 1.2.1.9.2. CAÍDA DE TENSIÓN

Según MT 2.31.01 la caída máxima de tensión es del 5% que para una tensión compuesta de 20.000 V equivale a 1000 V valor muy superior a los 0,192 V que cae en el tramo proyectado.

### 1.2.1.9.3. CORTOCIRCUITO ADMISIBLE

En la siguiente Tabla 22, se indican las densidades máximas admisibles de la corriente de cortocircuito en los conductores de aluminio de los cables aislados con etileno propileno de alto modulo (HEPR) y polietileno reticulado (XLPE), en función de los tiempos de duración del cortocircuito.

**Tabla 22**  
**Densidades máximas de corriente de cortocircuito en los conductores de aluminio, en A/mm<sup>2</sup>, de tensión nominal 12/20 y 18/30 kV**

| Tipo de Aislamiento | $\Delta\theta^*$<br>(K) | Duración del cortocircuito, $t_{cc}$ , en segundos |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------------|-------------------------|----------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                     |                         | 0,1                                                | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 |
| XLPE                | 160                     | 298                                                | 211 | 172 | 133 | 122 | 94  | 77  | 66  | 59  | 54  |
| HEPR                | 145                     | 281                                                | 199 | 162 | 126 | 115 | 89  | 73  | 63  | 56  | 51  |

$\Delta\theta^*$ = es la diferencia entre la temperatura de servicio permanente y la temperatura de cortocircuito (Incremento de temperatura  $160 \theta$  en °C)

Extraída de MT 2.31.01 (19-05)

Para un tipo de aislamiento HEPR y una duración del cortocircuito de 1s tenemos una densidad de corriente admisible de 89 A/mm<sup>2</sup> que para una sección de 240mm<sup>2</sup> equivalen a 21,36 kA valor muy superior a los 10,16 kA que hemos obtenido anteriormente.

### 1.2.1.10. RESUMEN LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN

# CALCULOS ELECTRICOS LINEA DE MEDIA TENSION

|                             |                                      |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| DENOMINACION CABLE          | <b>HERPZ1 12/20 Kv 3x(1x240) mm2</b> |
| SECCION                     | 240                                  |
| SECCION PANTALLA            | 16                                   |
| INTENSIDAD MAXIMA ADMISIBLE | 345                                  |
| POTENCIA A TRANSPORTAR      | 700                                  |
| LONGITUD [km]               | 0,025                                |
| COS phi                     | 0,9                                  |
| SEN phi                     | 0,436                                |
| POTENCIA DE CORTOCIRCUITO   | 350                                  |

|                               |        |
|-------------------------------|--------|
| DENSIDAD DE CORRIENTE [A/mm2] | 1,4375 |
|-------------------------------|--------|

|                           |      |
|---------------------------|------|
| COEF TEMPERATURA TERRENO  | 1    |
| COEF RESISTIVIDAD TERRENO | 0,8  |
| COEF PROFUNDIDA           | 1    |
| COEF POR Nº DE TERNAS     | 1,03 |

|                             |        |
|-----------------------------|--------|
| INTENSIDAD MAXIMA CORREGIDA | 284,28 |
|-----------------------------|--------|

|                   |          |
|-------------------|----------|
| RESISTENCIA       | 0,169    |
| RESISTENCIA TOTAL | 0,004225 |

|                  |          |
|------------------|----------|
| REACTANCIA       | 0,105    |
| REACTANCIA TOTAL | 0,002625 |

|                 |          |
|-----------------|----------|
| CAPACIDAD       | 0,453    |
| CAPACIDAD TOTAL | 0,011325 |

|                          |        |
|--------------------------|--------|
| INTENSIDAD A TRANSPORTAR | 22,453 |
|--------------------------|--------|

|                          |        |
|--------------------------|--------|
| INTENSIDAD CORTOCIRCUITO | 10,104 |
|--------------------------|--------|

|                               |         |
|-------------------------------|---------|
| POTENCIA A TRANSPORTAR        | 700     |
| POTENCIA CAPAZ DE TRANSPORTAR | 8862,97 |

|                    |        |
|--------------------|--------|
| CAIDA DE TENSION   | 0,192  |
| CAIDA DE TENSION % | 0,0000 |

|                        |   |                           |           |
|------------------------|---|---------------------------|-----------|
| POTENCIA A TRANSPORTAR | < | POTENCIA MAXIMA CAPACIDAD |           |
| 700                    | < | 8862,97                   | VERDADERO |

|        |   |                  |           |
|--------|---|------------------|-----------|
| Icc    | < | Icc max adm t=1s |           |
| 10,104 | < | 21,36            | VERDADERO |

|            |   |           |           |
|------------|---|-----------|-----------|
| cdt % real | < | cdt ADM % |           |
| 0,000      | < | 5         | VERDADERO |

### 1.2.2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS CENTRO DE SECCIONAMIENTO

Para llevar a cabo los cálculos del centro de seccionamiento, se partiera del valor de la potencia de cortocircuito facilitada por la compañía distribuidora, para el cálculo de la puesta a tierra se seguirá el MT 2.11.33.

#### 1.2.2.1. POTENCIA DE CORTOCIRCUITO EN MEDIA TENSIÓN

El cálculo de la intensidad de cortocircuito de realizar mediante la siguiente ecuación:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U} = 10,104 \text{ kA}$$

Donde:

$S_{cc}$  = Potencia aparente de cortocircuito de la red de MT [MVA] = 350

$U$  = Tensión compuesta [kV] = 20

#### 1.2.2.2. DIMENSIONANDO DEL EMBARRADO

Las celdas prefabricadas de Ormazabal ya han sido sometidas a ensayos para verificar las características que indican en sus fichas técnicas, por lo que no es necesario desarrollar una hipótesis de cálculo para esta cuestión.

#### 1.2.2.3. INTENSIDAD DINÁMICA DE CORTOCIRCUITO

Se define tal valor como 2,55 veces el valor de  $I_{cc}$  calculado en el apartado anterior.

$$I_{cc}(din) = 2,55 * I_{cc} = 25,76 \text{ kA}$$

#### 1.2.2.4. PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS Y CORTOCIRCUITOS

La intensidad nominal en el primario del transformador queda definida como:

$$I_p = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = 18,19 \text{ A}$$

Donde:

$S_n$  = Potencia nominal del transformador [kVAs]

$U_n$  = Tensión compuesta en el primario [kV] = 20

Por tanto los fusibles de MT que se instalaran en la celda de protección de la línea de abonado al centro de transformación deberán tener una intensidad nominal mayor al valor calculado y una capacidad de corte ante cortocircuitos de corta y larga duración mayor que las intensidades de cortocircuito y cortocircuito dinámico calculadas.

#### 1.2.2.5. PUESTA A TIERRA

##### 1.2.2.5.1. CONSIDERACIONES PREVIAS

Para el cálculo de la puesta a tierra del centro de seccionamiento se seguirá el Manual técnico MT 2.11.33 “diseño y puesta a tierra para centros de transformación, de tensión nominal  $\leq 30 \text{ kV}$ ”.

##### 1.2.2.5.2. DATOS DE PARTIDA

Los datos necesarios de partida:

- Tensión nominal de la línea = 20 [kV]
- Puesta a tierra ST: Reactancia 5,2  $\Omega$
- Reactancia equivalente: 5,7  $\Omega$
- Intensidad máxima de falta a tierra:  $I_{1f} = 2228 \text{ A}$
- Tipo de pantallas de los cables: Conectadas
- Numero de CT conectados a través de las pantallas: N=4
- Resistividad del terreno:  $\rho = 250 \Omega \cdot \text{m}$

### 1.2.2.5.3. CONFIGURACIÓN DEL ELECTRODO UTILIZADA

|                                        |                                          |
|----------------------------------------|------------------------------------------|
| Geometría                              | A: Anillo Rectangular a 1m del perímetro |
| Identificación                         | CPT-CT-A-(3X4)+8P2                       |
| Profundidad electrodo                  | 0,5 m                                    |
| Dimensión de la red                    | 3x4 m                                    |
| Separación entre picas                 | 3 m                                      |
| Numero de picas                        | 8 ud                                     |
| Longitud y diámetro de picas           | 2m / 14 mm                               |
| Sección del conductor desnudo de cobre | 50 mm <sup>2</sup>                       |

### Para la configuración seleccionada:

A1.1. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE SUPERFICIE (CTS) Y CENTRO DE SECCIONAMIENTO INDEPENDIENTE (CSI)

Tabla A1.1.1 Centros de Transformación prefabricados de hormigón de superficie (CTS) y Centros de Seccionamiento independientes (CSI).  
Tensión nominal ≤ 20 kV. Pantallas de los cables: conectado. Accesibilidad: con calzado y sin calzado.

| Designación del electrodo | ρ max (Ω.m)                           |                                       |                                                  |                                       |     |     |                                       |     |     |                                      |      |      | $K_r$<br>$\left(\frac{\Omega}{\Omega.m}\right)$ | $\left(\frac{Kp.t-t}{V}\right)$<br>$\left(\frac{V}{(\Omega.m).A}\right)$ | $\left(\frac{Kp.a-t}{V}\right)$<br>$\left(\frac{V}{(\Omega.m).A}\right)$ |           |
|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------|-----|-----|---------------------------------------|-----|-----|--------------------------------------|------|------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
|                           | pantallas conectadas a un apoyo       |                                       |                                                  | pantallas conectadas a un CT          |     |     |                                       |     |     |                                      |      |      |                                                 |                                                                          |                                                                          |           |
|                           | 20 kV con<br>I <sub>11P</sub> =2228 A | 20 kV con<br>I <sub>11P</sub> =1000 A | <20 kV o<br>20 kV con<br>I <sub>11P</sub> =500 A | 20 kV con<br>I <sub>11P</sub> =2228 A |     |     | 20 kV con<br>I <sub>11P</sub> =1000 A |     |     | 20 kV con<br>I <sub>11P</sub> =500 A |      |      |                                                 |                                                                          |                                                                          | <20<br>kV |
|                           |                                       |                                       |                                                  | N=2                                   | N=4 | N=8 | N=1                                   | N=2 | N=4 | N=1                                  | N=2  | N=1  |                                                 |                                                                          |                                                                          |           |
| CPT-CT-A-(3x4)+8P2        | 100                                   | 300                                   | 500                                              | 200                                   | 400 | 700 | 300                                   | 500 | 900 | 700                                  | 1000 | 1000 | 0,08800                                         | 0,01943                                                                  | 0,04414                                                                  |           |

\*Extraída del MT 2.11.33

### 1.2.2.5.4. CALCULO DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA PAT GENERAL

- La resistencia a tierra del CS:

$$R_T = K_r \cdot \rho = 22 \Omega$$

Donde:

$K_r$ : coeficiente de resistencia de puesta a tierra = 0,088 [ $\Omega/\Omega.m$ ]

$\rho$  : Resistividad del terreno = 250 [ $\Omega.m$ ]

- La resistencia de las pantallas:

$$R_{pant} = \frac{\rho \cdot Kr'}{N} = 5,5 \Omega$$

Donde:

$\rho$  : Resistividad del terreno = 250 [ $\Omega \cdot m$ ]

$Kr'$ : coeficiente de resistencia de puesta a tierra más desfavorable de los Centros de transformación adicionales conectados a través de las pantallas = 0,088 [ $\Omega/m \Omega$ ]

$N$ : numero de pantallas conectadas = 4

- Resistencia total:

$$R_{TOT} = \frac{R_T \cdot R_{pant}}{R_T + R_{pant}} = 4,4 \Omega$$

- Resultando una resistencia equivalente:

$$r_E = \frac{R_{TOT}}{R_T} = 0,2 \Omega$$

#### 1.2.2.5.5. CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE PUESTA A TIERRA Y DEL TIEMPO DE DEFECTO

La intensidad de corriente de puesta a tierra queda definida como:

$$I'_{1Fp} = \frac{1,1 * Un}{r_E \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{R_T^2 + (\frac{X_{LTH}}{r_E})^2}} = 1763,956 A$$

Donde:

$Un$  = Tensión compuesta [V] = 20000

$X_{LTH}$  = Reactancia equivalente = 5,7  $\Omega$

La duración de la corriente de falta (tiempo de actuación de las protecciones) se determina mediante la siguiente ecuación:

$$t = \frac{400}{I'_{1Fp}} = 0,23 \text{ s}$$

#### 1.2.2.5.6. Tensión Máxima de Contacto Admisible para la Instalación

No es necesario realizar una hipótesis de cálculo para estas tensiones, ya que como indica el manual 2.11.33 en su apartado 5.4.5: “Para cumplir con el requisito de la tensión de contacto aplicada a las personas, establecidas en la ITC-RAT 13, se adoptarán las medidas adicionales siguientes, que hacen que dicha tensión de contacto sea cero”.

Por tanto, podemos considerar la tensión de contacto prácticamente 0 V.

#### 1.2.2.5.7. Tensión Máxima de Paso que Aparece en la Instalación

Determinación de la tensión de paso máxima que aparece en la instalación:

- Con los dos pies en el terreno:

$$U'_{p1} = K_{p.t-t} \cdot \rho \cdot r_E \cdot I'_{1Fp} = 1713,68 \text{ V}$$

Donde:

$K_{p.t-t}$  = coeficiente de tensión de paso con los dos pies en el terreno = 0,01943  
[V/A.(Ω.m)]

- Con un pie en la acera y otro en el terreno:

$$U'_{p2} = K_{p.a-t} \cdot \rho \cdot r_E \cdot I'_{1Fp} = 3893,05 \text{ V}$$

Donde:

$K_{p.a-t}$  = coeficiente de tensión de paso con los dos pies en el terreno = 0,04414  
[V/A\*( $\Omega$ .m)]

#### 1.2.2.5.8. TENSIÓN MÁXIMA DE PASO ADMISIBLE EN LA INSTALACIÓN

Según la figura 3 del MT 2. 11 .33, como la tensión de paso admisible se considera 10 veces la de contacto y considerando la duración de cortocircuito anteriormente de 0,23s obtenemos de la tabla una  $U_{ca} = 496 \text{ V}$ .

Por tanto, la tensión de paso admisible será:

$$U_{pa} = 10 \cdot U_{ca} = 4960 \text{ V}$$

#### 1.2.2.5.9. TENSIÓN MÁXIMA DE PASO APLICADA A LA PERSONA

Para determinar la tensión máxima aplicada a la persona supondremos dos hipótesis:

- **Con calzado:**

Con los dos pies en el terreno:

$$U'_{pa1} = \frac{U'_{p1}}{1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot \rho_s}{Z_b}} = 263,64 \text{ V}$$

Con un pie en la acera y otro en el terreno:

$$U'_{pa2} = \frac{U'_{p2}}{1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 3 \cdot \rho_s + 6 \cdot \rho^*_s}{Z_b}} = 263,94 \text{ V}$$

Siendo:

$R_{a1}$  : resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante = 2000  $\Omega$

$\rho^*_s$  : Resistividad superficial del suelo en la superficie perimetral, distanciada a 1 m del edificio = 3000  $\Omega$ .m

$Z_b$  : Impedancia del cuerpo humano = 1000  $\Omega$

- **Sin calzado:**

Con los dos pies en el terreno:

$$U'_{pa1} = \frac{U'_{p1}}{1 + \frac{6 \cdot \rho_s}{Z_b}} = 685,47 \text{ V}$$

Con un pie en la acera y otro en el terreno:

$$U'_{pa2} = \frac{U'_{p2}}{1 + \frac{3 \cdot \rho_s + 3 \cdot \rho^*_s}{Z_b}} = 362,14 \text{ V}$$

#### 1.2.2.5.10. COMPROBACIÓN DEL DISEÑO DE PUESTA A TIERRA

##### **Comprobación de la tensión de paso con calzado:**

Como  $U'_{pa1} = 263,64 \text{ V} < 4960 \text{ V}$  y  $U'_{pa2} = 263,94 \text{ V} < 4960 \text{ V}$  el electrodo considerado CPT-CT-A-(3X4) +8P2, cumple con el requisito reglamentario.

##### **Comprobación de la tensión de paso sin calzado:**

Como  $U'_{pa1} = 685,47 \text{ V} < 4960 \text{ V}$  y  $U'_{pa2} = 362,14 \text{ V} < 4960 \text{ V}$  el electrodo considerado CPT-CT-A-(3X4) +8P2, cumple con el requisito reglamentario.

##### **Comprobación resistencia a tierra:**

Tal y como indica el manual 2.11.33 en la tabla 4, para tensiones de 20 kV, con pantallas conectadas la resistencia máxima de tierra debe ser de 100  $\Omega$ . Por tanto, el electrodo seleccionado muestra un valor de 22  $\Omega$  valor inferior al reglamentario exigido.

##### **Comprobación del aislamiento de las instalaciones de baja tensión:**

$$V = I'_{1Fp} \cdot R_{TOT} = 7761,41 \text{ V}$$

En el manual técnico establece un aislamiento mínimo de 10.000 V por tanto, como  $V=7761,41 < 10000 \text{ V}$ , el electrodo considerado, CPT-CT-A-(3X4) +8P2, cumple con el requisito reglamentario.

#### 1.2.2.5.11. PAT DE PROTECCIÓN

El electrodo de PaT general con el que se han realizado los cálculos para el diseño preliminar es el CPT-CT-A-(3X4) +8P2.

Como se han satisfecho todos los requisitos establecidos por el manual, se puede adoptar la configuración que más se adecue al centro, tomando siempre una configuración de electrodo de la misma forma geométrica, de dimensiones superiores y/o valores de K inferiores. Ya que ante esta situación estaremos ante un escenario más favorable y por ende cumpliremos con los establecido en el ITC-RAT 13 y en el manual MT 2.11.33.

|                                        |                                          |
|----------------------------------------|------------------------------------------|
| Geometría                              | A: Anillo Rectangular a 1m del perímetro |
| Identificación                         | CPT-CT-A-(3X4)+8P2                       |
| Profundidad electrodo                  | 0,5 m                                    |
| Dimensión de la red                    | 3x4 m                                    |
| Separación entre picas                 | 3 m                                      |
| Numero de picas                        | 8 ud                                     |
| Longitud y diámetro de picas           | 2m / 14 mm                               |
| Sección del conductor desnudo de cobre | 50 mm <sup>2</sup>                       |

#### 1.2.2.5.12. CORRECCIÓN Y AJUSTES AL DISEÑO INICIAL

Según el proceso de cálculo no será necesaria la corrección del sistema proyectado.

Las configuraciones propuestas son de aplicación para valores mínimos y en un escenario desfavorable, la configuración final tendrá longitudes mayores debido a la geometría del centro.

Al finalizar la actuación se deberá de comprobar que las instalaciones realizadas cumplen con los valores mínimos anteriormente calculados mediante las correspondientes pruebas de tensión de paso y contacto.

Dichas mediciones deberán de realizarse por una empresa autorizada y con los equipos debidamente calibrados.

#### 1.2.2.6. RESUMEN CÁLCULOS CENTRO DE SECCIONAMIENTO



# CALCULOS PUESTA A TIERRA DE PROTECCION "CS"

## DATOS PREVIOS

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| TENSION NOMINAL LINEA              | 20000      |
| RESISTIVIDAD DEL TERRENO           | 250        |
| TIPO DE PANTALLAS                  | Conectadas |
| NUMERO DE PANTALLAS                | 4          |
| RESISTENCIA A TIERRA MAXIMA        | 100        |
| REACTANCIA EQUIVALENTE SUBESTACION | 5,7        |

## DATOS FIJOS - MANUAL

|                                             |       |
|---------------------------------------------|-------|
| RESISTIVIDAD ACERA PERIMETRAL               | 3000  |
| RESISTENCIA EQUIVALENTE CALZADO DE UN PIE   | 2000  |
| IMPEDANCIA CUERPO HUMANO                    | 1000  |
| COEFICIENTE DE RESISTENCIA DE LAS PANTALLAS | 0,088 |

## 1º CONSIDERACION CON CALZADO

|                             |                    |
|-----------------------------|--------------------|
| ELECTRODO UTILIZADO         | CPT-CT-A-(3X4)+8P2 |
| Kr                          | 0,088              |
| RESISTENCIA A TIERRA        | 22,000             |
| RESISTENCIA PANTALLAS Rpant | 5,5000             |
| RESISTENCIA TOTAL Rtot      | 4,4000             |
| RESISTENCIA EQUIVALENTE Re  | 0,2000             |
| INTENSIDAD DEFECTO A TIERRA | 1763,956           |

## DETERMINACION DE LA TENSION DE PASO MAXIMA EN INSTALACION

|                            |             |
|----------------------------|-------------|
| Kp.a-t                     | 0,04414     |
| Kp.t-t                     | 0,01943     |
| PIE TERRENO - TERRENO U'p1 | 1713,682959 |
| PIE ACERA - TERRENO U'p2   | 3893,050221 |

## DETERMINACION DE LA TENSION MAXIMA APLICADA A LA PERSONA

|                             |        |
|-----------------------------|--------|
| PIE TERRENO - TERRENO U'pa1 | 263,64 |
| PIE ACERA - TERRENO U'pa2   | 263,94 |

## DETERMINACION DE LA DURACION DE CORRIENTE DE FALTA

|        |      |
|--------|------|
| TIEMPO | 0,23 |
|--------|------|

## DETERMINACION DE LA TENSION DE PASO ADMISIBLE POR EL RAT

|                                            |      |
|--------------------------------------------|------|
| TENSION DE CONTACTO APLICADA ADMISIBLE Uca | 496  |
| TENSION DE PASO APLICADA MAXIMA Upa        | 4960 |

## VERIFICACION CUMPLIMIENTO TENSION DE PASO

|             |               |           |
|-------------|---------------|-----------|
| U'pa1 < Upa | 263,64 < 4960 | VERDADERO |
| U'pa2 < Upa | 263,94 < 4960 | VERDADERO |
| Rt < Rt_max | 22,00 < 100   | VERDADERO |

## 2º CONSIDERACION SIN CALZADO

## DETERMINACION DE LA TENSION MAXIMA APLICADA A LA PERSONA

|                             |        |
|-----------------------------|--------|
| PIE TERRENO - TERRENO U'pa1 | 685,47 |
| PIE ACERA - TERRENO U'pa2   | 362,14 |

## VERIFICACION CUMPLIMIENTO TENSION DE PASO

|             |               |           |
|-------------|---------------|-----------|
| U'pa1 < Upa | 685,47 < 4960 | VERDADERO |
| U'pa2 < Upa | 362,14 < 4960 | VERDADERO |

## 3º TENSION QUE APARECE EN LA INSTALACION

|                        |                   |
|------------------------|-------------------|
| TENSION V              | 7761,405          |
| <div>V &lt;10000</div> |                   |
| 7761,41                | < 10000 VERDADERO |

### 1.2.3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

#### 1.2.3.1. INTENSIDAD EN EL LADO DE ALTA TENSIÓN

La intensidad nominal en el primario del transformador queda definida como:

$$I_p = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = 18,19 \text{ A}$$

Donde:

$S_n$  = Potencia nominal del transformador [kVAs] = 630

$U_n$  = Tensión compuesta en el primario [kV] = 20

#### 1.2.3.2. INTENSIDAD EN EL LADO DE BAJA TENSIÓN

La intensidad nominal en el secundario del transformador queda definida como:

$$I_s = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = 866,03 \text{ A}$$

Donde:

$S_n$  = Potencia nominal del transformador [kVAs]=630

$U_n$  = Tensión compuesta en el secundario [kV] = 0,42

#### 1.2.3.3. CORTOCIRCUITOS

##### 1.2.3.3.1. CORRIENTE Y POTENCIA DE CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE AT

El cálculo de la intensidad de cortocircuito se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$I_{cc,p} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U} = 10,104 \text{ kA}$$

#### 1.2.3.3.2. INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO DINÁMICA

Se define tal valor como 2,55 veces el valor de  $I_{cc}$  calculado en el apartado anterior.

$$I_{cc(din)} = 2,55 * I_{cc} = 25,76 \text{ kA}$$

Donde:

$S_{cc}$  = Potencia aparente de cortocircuito de la red de MT [MVA] = 350

$U$  = Tensión compuesta [kV] = 20

#### 1.2.3.3.3. CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE BT

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito en el cuadro de baja tensión del transformador vamos a considerar el caso más desfavorable, por tanto, solo vamos a tener en cuenta la impedancia del transformador:

$$I_{cc_{CBT}} = \frac{V_{FN}}{Z_{trafo}}$$

$$Z_{trafo} = \sqrt{(R_{trafo}^2 + X_{trafo}^2)}$$

$$X_{trafo} = \frac{X_{cc} \cdot V_{sec}^2}{100 \cdot S_n}$$

Donde:

- $V_{FN}$ : tensión fase y neutro = 230 V
- $Z_{trafo}$ : Impedancia del transformador [ $\Omega$ ]
- $X_{trafo}$ : Reactancia del transformador [ $\Omega$ ]
- $X_{cc}$ : Reactancia del transformador en % = 4%
- $V_{sec}^2$ : Voltaje del secundario del transformador = 420 V
- $S_n$ : Potencia del transformador = 630.000 VA

Por tanto, aplicando lo expuesto queda una intensidad de cortocircuito en el secundario del transformador de  $I_{cc_{CBT}} = 20,536 \text{ kA}$

#### 1.2.3.4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO

Las celdas prefabricadas de Ormazabal ya han sido sometidas a ensayos para verificar las características que indican en sus fichas técnicas, por lo que no es necesario desarrollar una hipótesis de cálculo para esta cuestión.

#### 1.2.3.5. PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS Y CORTOCIRCUITOS

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.

Por tanto, los fusibles de MT que se instalarán en la celda de protección de la línea de abonado al centro de transformación deberán tener una intensidad nominal mayor al valor calculado y una capacidad de corte ante cortocircuitos de corta y larga duración mayor que las intensidades de cortocircuito y cortocircuito dinámico calculadas.

##### 1.2.3.5.1. SELECCIÓN FUSIBLES AT

En el MT 2.11.33 se cita lo siguiente “Los fusibles limitadores instalados en las celdas deben de ser de los denominados "Fusibles fríos", estando sus características técnicas recogidas en el documento NI 75.06.31 "Especificación Particular - Fusibles limitadores de corriente asociados para AT hasta 36 kV".

Por tanto, si acudimos al NI 75.06.31 en la tabla 3:

Tabla 3  
Cartuchos fusibles apropiados para cada transformador: serie 24 kV

| Tensión de red<br>kV | Potencia del transformador<br>kVA |     |     |      |
|----------------------|-----------------------------------|-----|-----|------|
|                      | 250                               | 400 | 630 | 1000 |
| 11                   | 25                                | 40  | 63  | 100  |
| 13,2                 | 25                                | 40  | 63  | 100  |
| 15                   | 25                                | 40  | 63  | 100  |
| 20                   | 25                                | 40  | 63  | 100  |

Seleccionaremos un fusible de 63 A y poder de corte como mínimo de 31,5 kA

#### 1.2.3.5.2. SELECCIONES FUSIBLES BT

Las salidas de línea estarán protegidas mediante fusibles tipo BUC, cuyas características se detallarán más adelante.

#### 1.2.3.6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

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

- 97624-1-E, para ventilación de transformadores de potencia unitaria hasta 1000 kVA
- 960124-CJ-EB-01, para ventilación de transformador de potencia hasta 1600 kVA

#### 1.2.3.7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS

Al instalarse un transformador de aceite vegetal, este tipo de aceite puede ser utilizado como aceite dieléctrico ya que presenta unas propiedades de rigidez dieléctrica debido a su punto de saturación de agua elevada.

Tiene una elevada resistencia al fuego.

Punto de inflamación  $> 300^{\circ}\text{C}$  y punto de combustión  $> 350^{\circ}\text{C}$  por esto mismo se le clasifica como líquido K según la norma IEC 61100

Tal y como se indica en la ITC-RAT 14 cuando se utilicen dieléctricos líquidos con puntos de combustión igual o superior a  $300^{\circ}\text{C}$  no será necesario la instalación de dicho pozo y bastara con un sistema de recogida de posibles derrames, que eviten su salida al exterior.

### 1.2.3.8. CALCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA

#### 1.2.3.8.1. CALCULO PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN

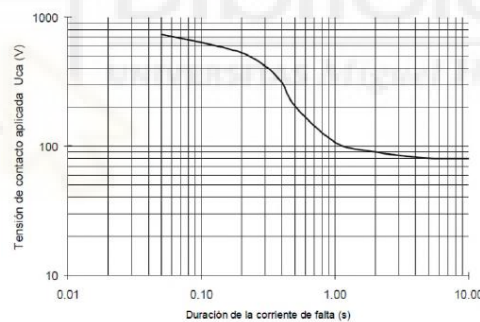
##### 1.2.3.8.1.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Para el cálculo de la puesta a tierra del centro de seccionamiento se seguirá el Manual técnico MT 2.11.33 “diseño y puesta a tierra para centros de transformación, de tensión nomina  $\leq 30$  kV”

##### 1.2.3.8.1.2. DIMENSIONADO CON RESPECTO A LA SEGURIDAD DE LAS PERSONAS

Cuando se produce un defecto a tierra, partes de la instalación se pueden poner en tensión pudiendo ser peligroso para una persona que este en contacto con la instalación.

Los valores admisibles de tensión de contacto ( $U_{ca}$ ) a la que se somete el cuerpo humano entre la mano y los pies se representa en la Figura 6 de la ITC-RAT 13.



Salvo casos justificados, no se podrá considerar una duración de falta menos de 0,1 segundos.

Los valores de tensión de paso admisibles ( $U_{pa}$ ) se definen como diez veces el valor de la tensión de contacto admisible.

#### 1.2.3.8.1.3. DIMENSIONADO CON RESPECTO A LA RESISTENCIA TÉRMICA

El dimensionamiento de la sección del conductor o electrodo de tierra se dimensionará para que, con una intensidad de defecto y un tiempo definido, no se alcance una temperatura final demasiado elevada.

La ITC RAT-13 establece para un tiempo mínimo de 1s de defecto no se podrán superar las siguientes densidades:

- 100 A / mm<sup>2</sup> para aluminio.
- 160 A / mm<sup>2</sup> para cobre.

#### 1.2.3.8.1.4. DATOS DE PARTIDA

Los datos necesarios de partida:

- Tensión nominal de la línea = 20 [kV]
- Puesta a tierra ST: Reactancia 5,2  $\Omega$
- Reactancia equivalente: 5,7  $\Omega$
- Intensidad máxima de falta a tierra:  $I_{1f} = 2228$  A
- Tipo de pantallas de los cables: Conectadas
- Numero de CT conectados a través de las pantallas: N=4
- Resistividad del terreno:  $\rho = 250$   $\Omega$ .m

#### 1.2.3.8.1.5. INVESTIGACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

Tal y como indica el ITC-RAT 13 para intensidades de cortocircuito a tierra mayores de 1000 A si el proyectista emplea una resistividad del terreno inferior a 200  $\Omega$ .m debiera justificar dicho valor mediante un estudio de resistividad.

En nuestro caso, tras realizar una investigación previa visual del suelo y de acuerdo a la tabla 2 de la citada ITC se establece una resistividad de 250  $\Omega$ .m.

### 1.2.3.8.1.6. DISEÑO PRELIMINAR DE LA INSTALACIÓN DE TIERRA DE PROTECCIÓN

La hipótesis de cálculo se va a desarrollar para intentar satisfacer los requisitos establecidos, con una configuración de tierras de como mínimo las siguientes características:

|                                        |                                          |
|----------------------------------------|------------------------------------------|
| Geometría                              | A: Anillo Rectangular a 1m del perímetro |
| Identificación                         | CPT-CT-A-(4x5) +8P2                      |
| Profundidad electrodo                  | 0,5 m                                    |
| Dimensión de la red                    | 4x5 m                                    |
| Separación entre picas                 | 3 m                                      |
| Numero de picas                        | 8 ud                                     |
| Longitud y diámetro de picas           | 2m / 14 mm                               |
| Sección del conductor desnudo de cobre | 50 mm <sup>2</sup>                       |

#### A1.1. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE SUPERFICIE (CTS) Y CENTRO DE SECCIONAMIENTO INDEPENDIENTE (CSI)

*Tabla A1.1.1 Centros de Transformación prefabricados de hormigón de superficie (CTS) y Centros de Seccionamiento independientes (CSI). Tensión nominal ≤ 20 kV. Pantallas de los cables: conectado. Accesibilidad: con calzado y sin calzado.*

| Designación del electrodo | ρ max (Ω.m)                           |                                       |                                                  |                                       |     |     |                                       |     |     |                                      |      |      | $K_r$<br>$\left(\frac{\Omega}{\Omega.m}\right)$ | $\left(\frac{K_{p,t-t}}{\left(\frac{V}{\left(\Omega.m\right).A}\right)}\right)$ | $\left(\frac{K_{p,a-t}}{\left(\frac{V}{\left(\Omega.m\right).A}\right)}\right)$ |           |
|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------|-----|-----|---------------------------------------|-----|-----|--------------------------------------|------|------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|                           | pantallas conectadas a un apoyo       |                                       |                                                  | pantallas conectadas a un CT          |     |     |                                       |     |     |                                      |      |      |                                                 |                                                                                 |                                                                                 |           |
|                           | 20 kV con<br>I <sub>trp</sub> =2228 A | 20 kV con<br>I <sub>trp</sub> =1000 A | <20 kV o<br>20 kV con<br>I <sub>trp</sub> =500 A | 20 kV con<br>I <sub>trp</sub> =2228 A |     |     | 20 kV con<br>I <sub>trp</sub> =1000 A |     |     | 20 kV con<br>I <sub>trp</sub> =500 A |      |      |                                                 |                                                                                 |                                                                                 | <20<br>kV |
|                           |                                       |                                       |                                                  | N=2                                   | N=4 | N=8 | N=1                                   | N=2 | N=4 | N=1                                  | N=2  | N=1  |                                                 |                                                                                 |                                                                                 |           |
| CPT-CT-A-(3x4)+8P2        | 100                                   | 300                                   | 500                                              | 200                                   | 400 | 700 | 300                                   | 500 | 900 | 700                                  | 1000 | 1000 | 0,08800                                         | 0,01943                                                                         | 0,04414                                                                         |           |
| CPT-CT-A-(3x4,5)+8P2      | 100                                   | 300                                   | 500                                              | 200                                   | 400 | 700 | 300                                   | 500 | 900 | 700                                  | 1000 | 1000 | 0,08491                                         | 0,01859                                                                         | 0,04241                                                                         |           |
| CPT-CT-A-(3x5)+8P2        | 100                                   | 300                                   | 600                                              | 200                                   | 400 | 700 | 300                                   | 500 | 900 | 700                                  | 1000 | 1000 | 0,08210                                         | 0,01784                                                                         | 0,04085                                                                         |           |
| CPT-CT-A-(3x5,5)+8P2      | 100                                   | 300                                   | 600                                              | 200                                   | 400 | 700 | 300                                   | 500 | 900 | 700                                  | 1000 | 1000 | 0,07952                                         | 0,01717                                                                         | 0,03942                                                                         |           |
| CPT-CT-A-(3x6)+8P2        | 100                                   | 300                                   | 600                                              | 200                                   | 400 | 700 | 300                                   | 500 | 900 | 700                                  | 1000 | 1000 | 0,07714                                         | 0,01656                                                                         | 0,03811                                                                         |           |
| CPT-CT-A-(3x6,5)+8P2      | 100                                   | 300                                   | 600                                              | 200                                   | 400 | 700 | 400                                   | 500 | 900 | 800                                  | 1000 | 1000 | 0,07494                                         | 0,01600                                                                         | 0,03690                                                                         |           |
| CPT-CT-A-(3x7)+8P2        | 100                                   | 300                                   | 600                                              | 200                                   | 400 | 700 | 400                                   | 500 | 900 | 800                                  | 1000 | 1000 | 0,07288                                         | 0,01549                                                                         | 0,03578                                                                         |           |
| CPT-CT-A-(3,5x4)+8P2      | 100                                   | 300                                   | 500                                              | 200                                   | 400 | 700 | 300                                   | 500 | 900 | 700                                  | 1000 | 1000 | 0,08465                                         | 0,01843                                                                         | 0,04224                                                                         |           |
| CPT-CT-A-(3,5x4,5)+8P2    | 100                                   | 300                                   | 600                                              | 200                                   | 400 | 700 | 300                                   | 500 | 900 | 700                                  | 1000 | 1000 | 0,08175                                         | 0,01764                                                                         | 0,04063                                                                         |           |
| CPT-CT-A-(3,5x5)+8P2      | 100                                   | 300                                   | 600                                              | 200                                   | 400 | 700 | 300                                   | 500 | 900 | 700                                  | 1000 | 1000 | 0,07911                                         | 0,01695                                                                         | 0,03917                                                                         |           |
| CPT-CT-A-(3,5x5,5)+8P2    | 100                                   | 300                                   | 600                                              | 200                                   | 400 | 700 | 300                                   | 500 | 900 | 700                                  | 1000 | 1000 | 0,07669                                         | 0,01633                                                                         | 0,03784                                                                         |           |
| CPT-CT-A-(3,5x6)+8P2      | 100                                   | 300                                   | 600                                              | 200                                   | 400 | 700 | 400                                   | 500 | 900 | 800                                  | 1000 | 1000 | 0,07445                                         | 0,01576                                                                         | 0,03661                                                                         |           |
| CPT-CT-A-(3,5x6,5)+8P2    | 100                                   | 300                                   | 600                                              | 200                                   | 400 | 700 | 400                                   | 500 | 900 | 800                                  | 1000 | 1000 | 0,07237                                         | 0,01524                                                                         | 0,03547                                                                         |           |
| CPT-CT-A-(3,5x7)+8P2      | 100                                   | 300                                   | 700                                              | 200                                   | 400 | 700 | 400                                   | 500 | 900 | 800                                  | 1000 | 1000 | 0,07043                                         | 0,01476                                                                         | 0,03441                                                                         |           |
| CPT-CT-A-(4x5)+8P2        | 100                                   | 300                                   | 600                                              | 200                                   | 400 | 700 | 300                                   | 500 | 900 | 700                                  | 1000 | 1000 | 0,07643                                         | 0,01613                                                                         | 0,03768                                                                         |           |

#### 1.2.3.8.1.7. CALCULO DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA GENERAL

- La resistencia a tierra del CS:

$$R_T = Kr \cdot \rho = 19,108 \Omega$$

Donde:

Kr: coeficiente de resistencia de puesta a tierra = 0,07643 [ $\Omega/\Omega m$ ]

$\rho$  : Resistividad del terreno = 250 [ $\Omega.m$ ]

- La resistencia de las pantallas:

$$R_{pant} = \frac{\rho \cdot Kr'}{N} = 5,5 \Omega$$

Donde:

$\rho$  : Resistividad del terreno = 250 [ $\Omega.m$ ]

Kr': coeficiente de resistencia de puesta a tierra más desfavorable de los Centros de transformación adicionales conectados a través de las pantallas = 0,088 [ $\Omega/m \Omega$ ]

N: número de centros conectados a través de las pantallas = 4

- Resistencia total:

$$R_{TOT} = \frac{R_T \cdot R_{pant}}{R_T + R_{pant}} = 4,271 \Omega$$

- Resultando una resistencia equivalente:

$$r_E = \frac{R_{TOT}}{R_T} = 0,2235$$

#### 1.2.3.8.1.8. CALCULO DE LA INTENSIDAD DE PUESTA A TIERRA Y DEL TIEMPO DE DEFECTO

La intensidad de corriente de puesta a tierra queda definida como:

$$I'_{1Fp} = \frac{1,1 * Un}{r_E \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{R_T^2 + (\frac{X_{LTH}}{r_E})^2}} = 1783,34 \text{ A}$$

Donde:

$Un$  = Tensión compuesta [V] = 20000

$X_{LTH}$  = Reactancia equivalente = 5,7  $\Omega$

La duración de la corriente de falta (tiempo de actuación de las protecciones) se determina mediante la siguiente ecuación:

$$t = \frac{400}{I'_{1Fp}} = 0,22 \text{ s}$$

#### 1.2.3.8.1.9. TENSIÓN MÁXIMA DE CONTACTO ADMISIBLE PARA LA INSTALACIÓN

No es necesario realizar una hipótesis de cálculo para estas tensiones, ya que como indica el manual 2.11.33 en su apartado 5.4. “Para cumplir con el requisito de la tensión de contacto aplicada a las personas, establecidas en la ITC-RAT 13, se adoptarán las medidas adicionales siguientes, que hacen que dicha tensión de contacto sea cero”

Por tanto, podemos considerar la tensión de contacto prácticamente 0 V.

#### 1.2.3.8.1.10. Tensión Máxima de Paso Admisible para la Instalación

Según la figura 3 del MT 2. 11 .33, como la tensión de paso admisible se considera 10 veces la de contacto y considerando la duración de cortocircuito anteriormente de 0,22s obtenemos de la tabla una  $U_{ca} = 506,4 \text{ V}$ .

Por tanto, la tensión de paso admisible será:

$$U_{pa} = 10 \cdot U_{ca} = 5064 \text{ V}$$

#### 1.2.3.8.1.11. Tensión Máxima de Paso para la Instalación

Determinación de la tensión de paso máxima que aparece en la instalación:

- Con los dos pies en el terreno:

$$U'_{p1} = K_{p.t-t} \cdot \rho \cdot r_E \cdot I'_{1Fp} = 1607,32,68 \text{ V}$$

Donde:

$K_{p.t-t}$  = coeficiente de tensión de paso con los dos pies en el terreno = 0,01613  
[V/A.(Ω.m)]

- Con un pie en la acera y otro en el terreno:

$$U'_{p2} = K_{p.a-t} \cdot \rho \cdot r_E \cdot I'_{1Fp} = 3754,75 \text{ V}$$

Donde:

$K_{p.a-t}$  = coeficiente de tensión de paso con los dos pies en el terreno = 0,03768  
[V/A.(Ω.m)]

#### 1.2.3.8.1.12. RESISTIVIDAD SUPERFICIAL DEL SUELO CUÁNDO EXISTE UNA CAPA SUPERFICIAL

La resistividad de la capa superficial (material constituyente de la acera perimetral, normalmente de hormigón). El valor considerado para el hormigón es de  $3000 \Omega\text{m}$

#### 1.2.3.8.1.13. CÁLCULO DE LA TENSIÓN DE CONTACTO, TENSIÓN DE PASO Y TENSIÓN DE DEFECTO DE LA INSTALACIÓN.

Para determinar la tensión máxima aplicada a la persona supondremos dos hipótesis:

- **Con calzado:**

Con los dos pies en el terreno:

$$U'_{pa1} = \frac{U'_{p1}}{1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot \rho_s}{Z_b}} = 247,28 \text{ V}$$

Con un pie en la acera y otro en el terreno:

$$U'_{pa2} = \frac{U'_{p2}}{1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 3 \cdot \rho_s + 6 \cdot \rho * _s}{Z_b}} = 254,56 \text{ V}$$

Siendo:

$R_{a1}$  : resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante =  $2000 \Omega$

$\rho * _s$  : Resistividad superficial del suelo en la superficie perimetral, distanciada a 1 m del edificio =  $3000 \Omega\text{.m}$

$Z_b$  : Impedancia del cuerpo humano =  $1000 \Omega$

- **Sin calzado:**

Con los dos pies en el terreno:

$$U'_{pa1} = \frac{U'_{p1}}{1 + \frac{6 \cdot \rho_s}{Z_b}} = 642,93 \text{ V}$$

Con un pie en la acera y otro en el terreno:

$$U'_{pa2} = \frac{U'_{p2}}{1 + \frac{3 \cdot \rho_s + 3 \cdot \rho^*_s}{Z_b}} = 349,28 \text{ V}$$

Para determinar la tensión de paso de acceso aplicada a la persona usaremos la expresión:

$$U'_{paccs} = \frac{U_{pmax.acc}}{1 + \frac{6 \cdot \rho^*}{Z_b}} = 400,85 \text{ V}$$

No es necesario realizar una hipótesis de cálculo para la tensión de contacto, ya que como indica el manual 2.11.33 en su apartado 5.4.5 : “ Para cumplir con el requisito de la tensión de contacto aplicada a las personas, establecidas en la ITC-RAT 13, se adoptarán las medidas adicionales siguientes, que hacen que dicha tensión de contacto sea cero”

Por tanto, podemos considerar la tensión de contacto prácticamente 0 V.

La tensión de defecto en la instalación se calcula mediante la expresión:

$$V = I'_{1Fp} \cdot R_{TOT} = 7616,11 \text{ V}$$

#### 1.2.3.8.1.14. COMPROBACIÓN DEL DISEÑO DE PUESTA A TIERRA GENERAL

##### **Comprobación de la tensión de paso con calzado:**

Como  $U'_{pa1} = 247,28 \text{ V} < 5064 \text{ V}$  y  $U'_{pa2} = 254,56 \text{ V} < 5064 \text{ V}$  el electrodo considerado CPT-CT-A-(4x5) +8P2, cumple con el requisito reglamentario.

##### **Comprobación de la tensión de paso sin calzado:**

Como  $U'_{pa1} = 642,93 \text{ V} < 5064 \text{ V}$  y  $U'_{pa2} = 349,28 \text{ V} < 5064 \text{ V}$  el electrodo considerado CPT-CT-A-(4x5) +8P2, cumple con el requisito reglamentario.

### Comprobación resistencia a tierra:

Tal y como indica el manual 2.11.33 en la tabla 4, para tensiones de 20 kV, con pantallas conectadas la resistencia máxima de tierra debe ser de 100  $\Omega$ . Por tanto, el electrodo seleccionado muestra un valor de 19,11  $\Omega$  valor inferior al reglamentario exigido.

### Comprobación del aislamiento de las instalaciones de baja tensión:

$$V = I'_{1Fp} \cdot R_{TOT} = 7616,11 V$$

En el manual técnico establece un aislamiento mínimo de 10.000V por tanto, como  $V=7616,11 < 10000 V$ , el electrodo considerado, CPT-CT-A-(4x5) +8P2, cumple con el requisito reglamentario.

#### 1.2.3.8.1.15. PAT DE PROTECCIÓN

El electrodo de PaT general con el que se han realizado los cálculos para el diseño preliminar es CPT-CT-A-(4x5) +8P2.

Como se han satisfecho todos los requisitos establecidos por el manual, se puede adoptar la configuración que mas se adecue al centro, tomando siempre una configuración de electrodo de la misma forma geométrica, de dimensiones superiores y/o valores de K inferiores. Ya que ante esta situación estaremos ante un escenario mas favorable y por ende cumpliremos con los establecido en el ITC-RAT 13 y en el manual MT 2.11.33.

|                                        |                                          |
|----------------------------------------|------------------------------------------|
| Geometría                              | A: Anillo Rectangular a 1m del perímetro |
| Identificación                         | CPT-CT-A-(4x5) +8P2                      |
| Profundidad electrodo                  | 0,5 m                                    |
| Dimensión de la red                    | 4x5 m                                    |
| Separación entre picas                 | 3 m                                      |
| Numero de picas                        | 8 ud                                     |
| Longitud y diámetro de picas           | 2m / 14 mm                               |
| Sección del conductor desnudo de cobre | 50 mm <sup>2</sup>                       |

#### 1.2.3.8.2. CÁLCULO PUESTA A TIERRA DE SERVICIO

Para la tierra de servicio / neutro se toma como criterio no ocasionar tensiones superiores a 24 V cuando existe un defecto a tierra en una instalación de BT protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 650 mA. Por ello la resistencia a tierra del neutro debe ser inferior a 37  $\Omega$ .

Para el diseño preliminar de PaT del neutro se elige la configuración 5/32 del método UNESA y en caso de no cumplir se alargará el flagelo hasta conseguir valores óptimos.

Los parámetros característicos de esta configuración son:

$$K_r = 0,135$$

$$K_p = 0,0252$$

Por tanto, la resistencia del neutro será:

$$R_{tN} = \rho \cdot K_r = 33,75 \Omega$$

|                                        |                                      |
|----------------------------------------|--------------------------------------|
| Geometría                              | Picas en hilera unidas por conductor |
| Identificación                         | 5/32                                 |
| Profundidad electrodo                  | 0,5 m                                |
| Separación entre picas                 | 3 m                                  |
| Numero de picas                        | 3 ud                                 |
| Longitud y diámetro de picas           | 2m                                   |
| Sección del conductor desnudo de cobre | 50 mm <sup>2</sup>                   |
| diámetro de picas                      | 14mm                                 |

#### 1.2.3.8.3. CALCULO SEPARACIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

La separación que garantiza que no se induzcan tensiones entre la tierra de servicio y de protección mayores de 1000V viene dada por la expresión:

$$D \geq \frac{\rho \cdot I_E}{2000 \cdot \pi}$$

Siendo:

$\rho$  = Resistividad del terreno [ $\Omega \cdot m$ ] = 250

$I_E$  = Intensidad de puesta a tierra [A] = 398,58 A

Quedando para este centro:

$$D = 15,86 \text{ m}$$

#### 1.2.3.9. CALCULO DEL RUIDO EMITIDO POR EL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

La compañía distribuidora, en el proceso de homologación de materiales, exige que se realicen los ensayos pertinentes para que los centros de transformación prefabricados de hormigón atenúen el ruido emitido por el transformador, para que en el exterior tenga un nivel sonoro aceptable.

Aun así, a continuación, se realizarán cálculos que justifiquen esta emisión de ruidos, poniendo como límite 25 dB que es el límite establecido en el RD 337/2014.

##### 1.2.3.9.1. NIVEL SONORO INTERNO

Se considera que el principal y único foco de ruido va a ser el transformador, cuyo ruido emitido dependerá de su tensión y potencia, para el caso que nos comprende estableceremos su nivel de potencia acústica en 52 dB.

#### 1.2.3.9.2. ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

Para llevar a cabo dichos cálculos se deberán de diferenciar los diferentes elementos constructivos, en un centro de transformación prefabricado de hormigón tendremos:

- Cerramientos de hormigón → masa asignada 189 kg/m<sup>2</sup>.
- Puerta y rejillas de ventilación → masa asignada 30 kg/m<sup>2</sup>.

#### 1.2.3.9.3. AISLAMIENTO ACÚSTICO

El cálculo del aislamiento acústico se realiza aplicando la ley de la masa que se define dependiendo de la masa asignada como:

$$m \leq 150 \frac{kg}{m^2} \quad R = 16,6 \cdot \log m + 5dB(A)$$

$$m > 150 \frac{kg}{m^2} \quad R = 36,5 \cdot \log m - 38dB(A)$$

Que para las masas asignadas resultaría en:

- Aislamiento del cerramiento de hormigón = 44,59 dB(A)
- Puerta y rejilla de ventilación = 29,52 dB(A)

Como estamos en una fachada mixta, el aislamiento acústico se calcula como:

$$R_{m,A} = -10 \log_{10} \left( \sum_{i=1}^r \frac{S_i}{S} \cdot 10^{-R_{i,A}/10} \right)$$

Donde:

R<sub>m,a</sub> = Aislamiento global de los distintos elementos de los que se compone la fachada

S<sub>i</sub> = superficie de los elementos

S = Superficie total

R<sub>i,A</sub> = aislamiento de cada elemento de los que se componen la fachada

Operando obtenemos un aislamiento acústico global de 36,095 dB(A).

#### 1.2.3.9.4. CONCLUSIONES Y RESUMEN CALCULOS CT

Con el aislamiento calculado transmitiremos 15,90 dB(A) muy inferior al límite de 52 dB(A) establecido.



# CALCULOS ELECTRICOS CENTRO DE TRANSFORMACION

## PRIMARIO DEL TRANSFORMADOR

|                                           |        |
|-------------------------------------------|--------|
| POTENCIA DEL TRANSFORMADOR [kVAs]         | 630    |
| INTENSIDAD NOMINAL EN EL PRIMARIO [A]     | 18,19  |
| INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO PRIMARIA [kA] | 10,104 |
| TENSION DE SERVICIO [Kv]                  | 20     |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| POTENCIA DE CORTOCIRCUITO [MVA] | 350 |
|---------------------------------|-----|

|                                           |       |
|-------------------------------------------|-------|
| INTENSIDAD DINAMICA DE CORTOCIRCUITO [kA] | 25,76 |
|-------------------------------------------|-------|

## SECUNDARIO DEL TRANSFORMADOR

|                                     |        |
|-------------------------------------|--------|
| INTENSIDAD NOMINAL EN EL SECUNDARIO | 866,03 |
|-------------------------------------|--------|

## IMPEDANCIAS RED MT

|                                |           |
|--------------------------------|-----------|
| Potencia de cc Red MT SCC [VA] | 350000000 |
|--------------------------------|-----------|

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| Impedancia red Z [ $\Omega$ ] | 0,0005544 |
|-------------------------------|-----------|

|                    |            |            |
|--------------------|------------|------------|
|                    | 20°C       | 250°C      |
| R_red [ $\Omega$ ] | 0,00005544 | 0,00010555 |
| X_red [ $\Omega$ ] | 0,00055163 |            |

## IMPEDANCIAS TRANSFORMADOR

|                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| Potencia del transformador [VA] | 630000 |
|---------------------------------|--------|

|                      |   |
|----------------------|---|
| R_trafo [ $\Omega$ ] | 0 |
|----------------------|---|

|                    |   |
|--------------------|---|
| %XCC transformador | 4 |
|--------------------|---|

|                      |        |
|----------------------|--------|
| X_trafo [ $\Omega$ ] | 0,0112 |
|----------------------|--------|

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| Voltaje salida transformador [V] | 420 |
|----------------------------------|-----|

## INTENSIDAD CORTOCIRCUITO SECUNDARIO

|                               |        |
|-------------------------------|--------|
| Intensidad CC SECUNDARIO [kA] | 20,536 |
|-------------------------------|--------|

# CALCULOS PUESTA A TIERRA DE PROTECCION "CT"

## DATOS PREVIOS

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| TENSION NOMINAL LINEA              | 20000      |
| RESISTIVIDAD DEL TERRENO           | 250        |
| TIPO DE PANTALLAS                  | Conectadas |
| NUMERO DE PANTALLAS                | 4          |
| RESISTENCIA A TIERRA MAXIMA        | 100        |
| REACTANCIA EQUIVALENTE SUBESTACION | 5,7        |

## DATOS FIJOS - MANUAL

|                                             |       |
|---------------------------------------------|-------|
| RESISTIVIDAD ACERA PERIMETRAL               | 3000  |
| RESISTENCIA EQUIVALENTE CALZADO DE UN PIE   | 2000  |
| IMPEDANCIA CUERPO HUMANO                    | 1000  |
| COEFICIENTE DE RESISTENCIA DE LAS PANTALLAS | 0,088 |

## 1º CONSIDERACION CON CALZADO

|                             |                    |
|-----------------------------|--------------------|
| ELECTRODO UTILIZADO         | CPT-CT-A-(4x5)+8P2 |
| Kr                          | 0,07643            |
| RESISTENCIA A TIERRA        | 19,108             |
| RESISTENCIA PANTALLAS Rpant | 5,5000             |
| RESISTENCIA TOTAL Rtot      | 4,2707             |
| RESISTENCIA EQUIVALENTE Re  | 0,2235             |
| INTENSIDAD DEFECTO A TIERRA | 1783,341           |

## DETERMINACION DE LA TENSION DE PASO MAXIMA EN INSTALACION

|                            |             |
|----------------------------|-------------|
| Kp.a-t                     | 0,03768     |
| Kp.t-t                     | 0,01613     |
| PIE TERRENO - TERRENO U'p1 | 1607,326093 |
| PIE ACERA - TERRENO U'p2   | 3754,745641 |

## DETERMINACION DE LA TENSION MAXIMA APLICADA A LA PERSONA

|                             |        |
|-----------------------------|--------|
| PIE TERRENO - TERRENO U'pa1 | 247,28 |
| PIE ACERA - TERRENO U'pa2   | 254,56 |

## DETERMINACION DE LA DURACION DE CORRIENTE DE FALTA

|        |      |
|--------|------|
| TIEMPO | 0,22 |
|--------|------|

## DETERMINACION DE LA TENSION DE PASO ADMISIBLE POR EL RAT

|                                            |      |
|--------------------------------------------|------|
| TENSION DE CONTACTO APLICADA ADMISIBLE Uca | 496  |
| TENSION DE PASO APLICADA MAXIMA Upa        | 4960 |

## VERIFICACION CUMPLIMIENTO TENSION DE PASO

|               |           |
|---------------|-----------|
| U'pa1 < Upa   | VERDADERO |
| 247,28 < 4960 |           |
| U'pa2 < Upa   | VERDADERO |
| 254,56 < 4960 |           |
| Rt < Rt_max   | VERDADERO |
| 19,11 < 100   |           |

## 2º CONSIDERACION SIN CALZADO

## DETERMINACION DE LA TENSION MAXIMA APLICADA A LA PERSONA

|                             |        |
|-----------------------------|--------|
| PIE TERRENO - TERRENO U'pa1 | 642,93 |
| PIE ACERA - TERRENO U'pa2   | 349,28 |

## VERIFICACION CUMPLIMIENTO TENSION DE PASO

|               |           |
|---------------|-----------|
| U'pa1 < Upa   | VERDADERO |
| 642,93 < 4960 |           |
| U'pa2 < Upa   | VERDADERO |
| 349,28 < 4960 |           |

## 3º TENSION QUE APARECE EN LA INSTALACION

|                 |           |
|-----------------|-----------|
| TENSION V       | 7616,115  |
| V < 10000       | VERDADERO |
| 7616,11 < 10000 |           |

|                                     |
|-------------------------------------|
| CALCULOS PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO |
|-------------------------------------|

|               |
|---------------|
| DATOS PREVIOS |
|---------------|

|                                      |        |
|--------------------------------------|--------|
| RESISTENCIA MAXIMA TIERRA PROTECCION | 37     |
| CONFIGURACION UNESA                  | 5./32  |
| Kr                                   | 0,135  |
| kp                                   | 0,0252 |
| RESISTIVIDAD TERRENO                 | 250    |

|                               |
|-------------------------------|
| 1º CALCULO RESISTENCIA NEUTRO |
|-------------------------------|

|             |       |
|-------------|-------|
| Rt (neutro) | 33,75 |
|-------------|-------|

|                             |   |    |
|-----------------------------|---|----|
| Rt(neutro) < Rt(neutro)_max |   |    |
| 33,75                       | < | 37 |
| VERDADERO                   |   |    |

|                               |
|-------------------------------|
| 2º SEPARACION DE SISTEMAS PaT |
|-------------------------------|

|                                         |       |
|-----------------------------------------|-------|
| INTENSIDAD DE DEFECTO PaT $I_e = I'1fp$ | 420,1 |
|-----------------------------------------|-------|

|                        |             |
|------------------------|-------------|
| DISTANCIA SEPARACION D | 16,71520881 |
|------------------------|-------------|



### CALCULOS RUIDO EMITIDO POR CENTRO DE TRANSFORMACION

| POTENCIA ASIGNADA [kVA] | TENSION MAS ELEVADA [kVA] | POTENCIA ACUSTICA Db [A] |
|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 630                     | 24                        | 52                       |

|                                            |       |
|--------------------------------------------|-------|
| MASA SUPERFICIAL DEL CERRAMIENTO [kg/m2] ≈ | 189   |
| AISLAMIENTO HORMIGON R1                    | 44,59 |
| AISLAMIENTO RESTO ELEMENTOS                | 25    |
| PORCION CERRAMIENTO / TOTAL                | 0,805 |
| PORCION ELEMENTOS / TOTAL                  | 0,195 |

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| COEFICIENTE TRANSMISION HORMIGON  | 2,7971E-05 |
| COEFICIENTE TRANSMISION ELEMENTOS | 0,00061664 |
| SUMA TRANSMISIVA                  | 0,00064462 |

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| AISLAMIENTO GLOBAL [dB] | 31,907 |
|-------------------------|--------|

|                           |        |
|---------------------------|--------|
| ACUSTICA TRANSMITIDA [dB] | 20,093 |
|---------------------------|--------|

| COMPROBACION         |   |                    |
|----------------------|---|--------------------|
| ACUSTICA TRANSMITIDA | < | LIMITE ESTABLECIDO |
| 20,09                | < | 52                 |



#### 1.2.4. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN

El criterio a aplicar para desarrollar los cálculos de baja tensión, serán aquellos que aseguren que los conductores y protecciones seleccionados cumplan con todos los requerimientos establecidos por el reglamento electrotécnico de baja tensión.

Siempre velando por la viabilidad económica de la instalación y eligiendo la solución más económica posible que cumpla con los requerimientos anteriormente mencionados.

##### 1.2.4.1. POTENCIA TOTAL INSTALADA Y RELACIÓN DE RECEPTORES

| <b>MODELO</b>             | <b>N.º<br/>UNIDADES</b> | <b>POTENCIA<br/>UNITARIA [kW]</b> | <b>POTENCIA<br/>TOTAL [kW]</b> |
|---------------------------|-------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| Ingeteam RAPID 120        | 2                       | 120                               | 240                            |
| Ingeteam RAPID 50         | 2                       | 50                                | 100                            |
| Ingeteam FUSION<br>Street | 8                       | 14,8                              | 118,4                          |
|                           |                         | <b>Sumatoria potencia</b>         | 458,4                          |

##### 1.2.4.2. COEFICIENTE DE SIMULTANEIDAD

Al estar la instalación en un parking público, gratuito y en uno de los centros comerciales más concurridos de España, se establecerá un  $FS=1$  ya que no podemos asegurar que no se utilicen todos los cargadores a la vez a máxima potencia.

##### 1.2.4.3. SISTEMA DE INSTALACIÓN UTILIZADO

Toda la instalación se ejecutará con cable enterrado en el interior de tubo.

#### 1.2.4.4. CALCULO SECCIÓN Y PROTECCIONES DE LA LÍNEA

- **INTENSIDAD**

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos(\phi)}$$

Donde:

P: Potencia calculada [W]

V: tensión red

- **CAIDA DE TENSION**

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \rho \cdot \cos(\phi)}{S}$$

Donde:

L: Longitud de línea [m]

I: Intensidad calculada [A]

P: Resistividad a temperatura máxima en servicio permanente [ $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ]

S: sección de línea [ $\text{mm}^2$ ]

- **CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO**

Intensidad de cortocircuito en el principio de la línea:

$$I_{ccI} = \frac{V_{FN}}{Z_t}$$

Donde:

$V_{FN}$  : tensión fase-neutro [V]

$Z_t$  : Impedancia total aguas arriba del punto considerado a 20°C [ $\Omega$ ]

Intensidad de cortocircuito en el final de la línea:

$$I_{ccf} = \frac{V_{FN}}{Z_{tf}}$$

$Z_{tf}$ : Impedancia total en ohmios tomando el punto las lejano de la línea a temperatura máxima a temperatura máxima en cortocircuito 160/250°C

Donde:

La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_t = \sqrt{(R_t^2 + X_t^2)}$$

Donde:

$R_t$ : Suma de la resistencia aguas arriba del punto considerado [ $\Omega$ ]

$X_t$ : Suma de las reactancias aguas arriba del punto considerado [ $\Omega$ ]

Y siendo por tanto  $Z_{tf}$  el valor de  $Z_t$  más la impedancia de la línea en estudio a temperatura máxima de cortocircuito.

Para obtener la resistividad a cualquier temperatura se aplica la siguiente ecuación:

$$\rho_\theta = \rho_{20^\circ} \cdot [1 + \alpha \cdot (\theta - 20)]$$

Donde:

$\theta$ : Temperatura a la que se quiere llevar la resistividad [°C]

- **CORRIENTE MÁXIMA DE CORTOCIRCUITO SOPORTADA POR UN CABLE**

$$I_{cc} = K \cdot \frac{S}{\sqrt{3} \cdot t}$$

Donde:

$I_{cc}$ : Intensidad de cortocircuito eficaz [A]

$K$ : Constante dependiente de naturaleza y tipo de aislamiento del conductor

$S$ : sección del conductor [mm<sup>2</sup>]

$t$ : duración del cortocircuito [s]

- **INTENSIDAD DE DISPARO SEGÚN LA CURVA DE PROTECCION**

$$\text{Curva B: } I_m = (3 \text{ a } 5) \cdot I_n$$

$$\text{Curva C: } I_m = (5 \text{ a } 10) \cdot I_n$$

$$\text{Curva D: } I_m = (10 \text{ a } 20) \cdot I_n$$

#### **EJEMPLO DE CALCULO LSBT**

- Datos previos:
  - Longitud = 5 m
  - Tensión = 420 V
  - Potencia = 120.000 W
  - Sección del conductor = 240 mm<sup>2</sup>
  - Intensidad máxima admisible del conductor = 336 A

- Tipo de instalación = Canalización soterrada
- Insertar tabla de resistividad
- Condiciones de instalación:
  - Temperatura del terreno: 25°C
  - Resistividad térmica del terreno: 2,5
  - N.º de circuitos agrupados: 4
  - Profundidad de instalación: 0.8 m
- Factores de corrección:
  - Por temperatura del terreno: K1=1
  - Por resistividad térmica del terreno: K2=1
  - Por agrupación de circuitos: K3=0,71
  - Por profundidad de instalación: K4=0,99

Por tanto, tenemos un factor de corrección global:

$$cg = k1 \cdot k2 \cdot k3 \cdot k4 = 0,7029$$

Con lo cual tenemos una intensidad máxima admisible corregida de:

$$Iz \cdot cg = 236,174 \text{ A}$$

- Intensidad de diseño:

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos(\phi)} = 183,29 \text{ A}$$

- Caída de tensión:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \rho_{90^\circ} \cdot \cos(\phi)}{S} = 0,131 \text{ V}$$

- Cálculo de la intensidad de cortocircuito:

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito en el cuadro de baja tensión del transformador vamos a considerar el caso más desfavorable, por tanto, solo vamos a tener en cuenta la impedancia del transformador:

$$I_{CC_{CBT}} = \frac{V_{FN}}{Z_{trafo}}$$

$$Z_{trafo} = \sqrt{(R_{trafo}^2 + X_{trafo}^2)}$$

$$X_{trafo} = \frac{X_{cc} \cdot V_{sec}^2}{100 \cdot Sn}$$

Donde:

- $V_{FN}$ : tensión fase y neutro = 230 V
- $Z_{trafo}$ : Impedancia del transformador [ $\Omega$ ]
- $X_{trafo}$ : Reactancia del transformador [ $\Omega$ ]
- $X_{cc}$ : Reactancia del transformador en % = 4%
- $V_{sec}^2$ : Voltaje del secundario del transformador = 420 V
- $Sn$ : Potencia del transformador = 630.000 VA

Por tanto, aplicando lo expuesto queda una intensidad de cortocircuito en el secundario del transformador de  $I_{CC_{CBT}} = 20,536 \text{ kA}$

- Propiedades de fusibles:

| <b>Longitud máxima del cable protegida en metros contra cortocircuitos y sobrecargas para tubulares soterradas</b> |     |     |     |      |      |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|
| Icc I máxima                                                                                                       | 580 | 715 | 950 | 1250 | 1650 | 2200 |
| Fusibles "gG" Calibre In (A)                                                                                       | 100 | 125 | 160 | 200  | 250  | 315  |
| 4 x 50 Al                                                                                                          | 192 | 156 | 117 | 89   | 67   | 51   |
| 3 x 95 + 1 x 50 Al                                                                                                 | 255 | 207 | 156 | 118  | 90   | 67   |
| 3 x 150 + 1 x 95 Al                                                                                                | 458 | 371 | 280 | 212  | 161  | 121  |
| 3 x 240 + 1 x 150 Al                                                                                               | 702 | 570 | 429 | 326  | 247  | 185  |

\*Extraído del MT 2.51.43

- Condiciones:
- Cálculo de sección:

- Criterio térmico:

$$I_B \leq I_Z \cdot cg$$

$$183,29 A \leq 236,17 A$$

Donde:

- $I_B$ : Intensidad de diseño [A]
- $I_Z$ : Intensidad máxima admisible por el conductor [A]

- Criterio caído de tensión:

$$cdt \leq cdt \text{ maxima}$$

$$0,1395 V \leq 26 V$$

- Cálculo de protecciones:

- Sobrecargas:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$183,29 \text{ A} \leq 200 \leq 236,17 \text{ A}$$

$$I_f \leq 1,45 \cdot I_Z$$

$$320 \text{ A} \leq 342,45 \text{ A}$$

Donde:

- $I_N$ : Corriente nominal del dispositivo de protección [A]
- $I_f = 1,6 \cdot I_N$ : Intensidad de funcionamiento [A]
- Cortocircuitos:

$$Pdc \geq Iccmax$$

$$50 \geq 20,54$$

$$Lm \geq Lp$$

$$326 \geq 5$$

$$Is \geq If$$

$$15348,37 \geq 1250$$

Donde:

- $Pdc$ : Poder de corte del dispositivo de protección [kA]
- $Lm$ : Longitud máxima protegida por el fusible
- $Lp$ : Longitud del tramo a proteger por el fusible
- $If$ : Intensidad de funcionamiento [A]
- $Is$ : Intensidad de fusión del conductor [A]

## EJEMPLO DE CALCULO CIRCUITO RECEPTOR

- Datos previos:
  - Longitud = 12 m
  - Tensión = 400 V
  - Potencia = 120.000 W
  - Sección del conductor = 240mm<sup>2</sup>
  - Intensidad máxima admisible del conductor = 336 A
  - Tipo de instalación = Canalización soterrada
  - Insertar tabla de resistividad
  
- Condiciones de instalación:
  - Temperatura del terreno: 25°C
  - Resistividad térmica del terreno: 2,5
  - N.º de circuitos agrupados: 6
  - Profundidad de instalación: 0.8m
  
- Factores de corrección:
  - Por temperatura del terreno: K1=1
  - Por resistividad térmica del terreno: K2=1
  - Por agrupación de circuitos: K3=0,64
  - Por profundidad de instalación: K4=0,99

Por tanto, tenemos un factor de corrección global:

$$cg = k1 \cdot k2 \cdot k3 \cdot k4 = 0,6336$$

Con lo cual tenemos una intensidad máxima admisible corregida de:

$$Iz \cdot cg = 212,89 A$$

- Intensidad de diseño:

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos(\phi)} = 192,45 \text{ A}$$

- Caída de tensión:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \rho_{90^\circ} \cdot \cos(\phi)}{S} = 0,33 \text{ V}$$

Que sumada a la acumulada anteriormente en el tramo LSBT1 obtenemos un cdt total de 0,592V

- Calculo Intensidad de cortocircuito:
  - Intensidad de cortocircuito máxima:

$$I_{ccI} = \frac{V_{FN}}{Z_t}$$

$$Z_{t20^\circ} = \sqrt{(R_t^2 + X_T^2)}$$

Obteniendo por tanto una intensidad de cortocircuito al principio de la línea de 19,238kA.

- Intensidad de cortocircuito mínima:

$$I_{ccf} = \frac{V_{FN}}{Z_{tf}}$$

$$Z_{tf250^\circ} = \sqrt{(R_t^2 + X_T^2)}$$

Obteniendo por tanto una intensidad de cortocircuito al principio de la línea de 16,552kA.

- Duración de la falta:

$$I_{cc} = K \cdot \frac{S}{\sqrt{3} \cdot t}$$

Donde despejando obtenemos una duración de la falta de  $t = 3,183 \text{ s}$

- Intensidad de disparo:

$$\text{Curva C} \rightarrow I_m = 10 \cdot I_n = 2000 \text{ A}$$

- Condiciones:
- Cálculo de sección:

- Criterio térmico:

$$I_B \leq I_Z \cdot cg$$

$$192,45 \text{ A} \leq 212,89 \text{ A}$$

Donde:

- $I_B$ : Intensidad de diseño [A]
- $I_Z$ : Intensidad máxima admisible por el conductor [A]

- Criterio caído de tensión:

$$cdt \leq cdt \text{ maxima}$$

$$0,509 \text{ V} \leq 26 \text{ V}$$

- Cálculo de protecciones:

- Sobrecargas:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$192,45 \text{ A} \leq 200 \leq 212,89 \text{ A}$$

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

$$260 \text{ A} \leq 308,69 \text{ A}$$

Donde:

- $I_N$ : Corriente nominal del dispositivo de protección [A]
- $I_2 = 1,3 \cdot I_N$ : Corriente que asegura la actuación del dispositivo de protección para un tiempo largo [A]

○ Cortocircuitos:

$$Pdc \geq Iccmax$$

$$20 \geq 19,23$$

$$0,1s \leq t \leq 5s$$

$$0,1s \leq 3,183s \leq 5s$$

$$Icc \min \geq Im$$

$$17001,7 \geq 2000$$

Donde:

- $t$  = duración del cortocircuito en segundos

#### 1.2.4.5. CÁLCULOS PUESTA A TIERRA

El valor de la resistencia a tierra será tal que cualquier masa no puede dar lugar a tensión de contacto superiores a 24V.

La máxima intensidad de defecto lo limitaremos a 30mA valor máximo de dicha intensidad topada por la sensibilidad del interruptor diferencial.

Por tanto, aplicando la siguiente ecuación:

$$R_A < \frac{U_C}{I_d}$$

Por tanto, obtendremos una resistencia a tierra de la instalación receptora debe ser menos de  $800\Omega$ .

Donde:

- $U_C$ : Tensión de contacto [V]
- $I_d$  : Intensidad de defecto a tierra [A]

Nuestra instalación está proyectada de tal forma que tenemos 6 picas de 2m y 48m lineales de conductor de cobre desnudo de 50mm<sup>2</sup>.

Aplicando las ecuaciones:

$$R_{picas} = \frac{\rho_{terreno}}{L_{pica}} = 125 \Omega$$

$$R_{cond} = \frac{2 \cdot \rho_{terreno}}{L_{cond}} = 10,42 \Omega$$

Donde:

- $\rho_{terreno}$  : Resistividad del terreno [ $\Omega \cdot m$ ] = 250
- $L_{pica}$ : Longitud de la pica [m] = 2
- $L_{cond}$ : Longitud del conductor [m] = 48

Por tanto, asociando ambas en paralelo obtenemos una resistencia de la toma a tierra:

$$\frac{1}{R_A} = n^{\circ}_{picas} \cdot \frac{1}{R_{picas}} + \frac{1}{R_{cond}}$$

Despejando obtenemos para con 6 picas, una resistencia a tierra  $R_A = 6,95 \Omega$  valor muy inferior al límite de  $800 \Omega$  previamente establecido.

#### 1.2.4.6. RESULTADOS

##### Líneas cuadro de baja tensión CT abonado

| Descripción   | Cálculo<br>[kW] | Long.<br>[m] | I.Diseño<br>[A] | Sección<br>[mm <sup>2</sup> ] | Canalización<br>[mm] | $\Delta V$<br>[V] | Iccmax<br>[kA] | Pdc<br>[kA] | I.Protección<br>[A] |
|---------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------------------------|----------------------|-------------------|----------------|-------------|---------------------|
| <b>LSBT 1</b> | 120             | 5            | 183,29          | RZ1-K(AS)<br>3(1X240)+1X150   | Tubo 250             | 0,131             | 20,54          | 50          | 200                 |
| <b>LSBT 2</b> | 120             | 5            | 183,29          | RZ1-K(AS)<br>3(1X240)+1X150   | Tubo 250             | 0,131             | 20,54          | 50          | 200                 |
| <b>LSBT 3</b> | 100             | 5            | 152,74          | RZ1-K(AS)<br>3(1X240)+1X150   | Tubo 250             | 0,131             | 20,54          | 50          | 200                 |
| <b>LSBT 4</b> | 118,4           | 5            | 180,84          | RZ1-K(AS)<br>3(1X240)+1X150   | Tubo 250             | 0,131             | 20,54          | 50          | 200                 |

##### LSBT 1

| Descripción             | Cálculo<br>[kW] | Long.<br>[m] | I.Diseño<br>[A] | Sección<br>[mm <sup>2</sup> ] | Canalización<br>[mm] | $\Delta V$<br>[V] | Iccmax<br>[kA] | Pdc<br>[kA] | I.Protección<br>[A] |
|-------------------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------------------------|----------------------|-------------------|----------------|-------------|---------------------|
| <b>C.CARGADOR<br/>1</b> | 120             | 12           | 192,45          | RZ1-K(AS)<br>3(1X240)+1X150   | Tubo 250             | 0,461             | 19,24          | 20          | 200                 |

##### LSBT 2

| Descripción             | Cálculo<br>[kW] | Long.<br>[m] | I.Diseño<br>[A] | Sección<br>[mm <sup>2</sup> ] | Canalización<br>[mm] | $\Delta V$<br>[V] | Iccmax<br>[kA] | Pdc<br>[kA] | I.Protección<br>[A] |
|-------------------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------------------------|----------------------|-------------------|----------------|-------------|---------------------|
| <b>C.CARGADOR<br/>2</b> | 120             | 12           | 192,45          | RZ1-K(AS)<br>3(1X240)+1X150   | Tubo 250             | 0,461             | 19,24          | 20          | 200                 |

##### LSBT 3

| Descripción | Cálculo<br>[kW] | Long.<br>[m] | I.Diseño<br>[A] | Sección<br>[mm <sup>2</sup> ] | Canalización<br>[mm] | $\Delta V$<br>[V] | Iccmax<br>[kA] | Pdc<br>[kA] | I.Protección<br>[A] |
|-------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------------------------|----------------------|-------------------|----------------|-------------|---------------------|
|-------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------------------------|----------------------|-------------------|----------------|-------------|---------------------|

|                         |    |    |       |                           |          |       |       |    |     |
|-------------------------|----|----|-------|---------------------------|----------|-------|-------|----|-----|
| <b>C.CARGADOR<br/>3</b> | 50 | 20 | 80,19 | RZ1-K(AS)<br>3(1X95)+1X50 | Tubo 160 | 0,688 | 19,24 | 20 | 100 |
| <b>C.CARGADOR<br/>4</b> | 50 | 20 | 80,19 | RZ1-K(AS)<br>3(1X95)+1X50 | Tubo 160 | 0,688 | 19,24 | 20 | 100 |

#### LSBT 4

| Descripción               | Cálculo<br>[kW] | Long.<br>[m] | I.Diseño<br>[A] | Sección<br>[mm <sup>2</sup> ] | Canalización<br>[mm] | $\Delta V$<br>[V] | Iccmax<br>[kA] | Pdc<br>[kA] | I.Protección<br>[A] |
|---------------------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------------------------|----------------------|-------------------|----------------|-------------|---------------------|
| <b>C.CARGADORES<br/>5</b> | 59,2            | 35           | 94,94           | RZ1-K(AS)<br>4(1X95)          | Tubo 160             | 1,328             | 19,24          | 20          | 100                 |
| <b>C.CARGADORES<br/>6</b> | 59,2            | 45           | 94,94           | RZ1-K(AS)<br>4(1X95)          | Tubo 160             | 1,67              | 19,24          | 20          | 100                 |

#### 1.2.4.7. RESUMEN CÁLCULOS BT



#### DATOS DE LA LINEA 1 CBT

|              |                     |     |      |
|--------------|---------------------|-----|------|
| LONGITUD     | 5                   |     |      |
| TENSION      | 420                 |     |      |
| COS          | 0,9                 |     |      |
| POTENCIA     | 120000              |     |      |
| CONDUCTOR    | RZ1-K (AS) 0,6/1 kV | 240 | 150  |
| RESISTIVIDAD | 0,022               | X   | 0,07 |

#### CONDICIONES DE INSTALACION

|                                  |                      |                       |        |
|----------------------------------|----------------------|-----------------------|--------|
| TIPO DE INSTALACION              | TUBOS ENTERRADOS "D" |                       |        |
| TEMPERATURA DEL TERRENO          | 25                   | K1                    | 1      |
| RESISTIVIDAD TERMICA DEL TERRENO | 2,5                  | K2                    | 1      |
| AGRUPACION DE CIRCUITOS          | SI                   | K3                    | 0,71   |
| PROFUNDIDAD DE INSTALACION       | 0,8                  | K4                    | 0,99   |
| INTENSIDAD MAXIMA Iz             | 336                  | COEFICIENTE GLOBAL cg | 0,7029 |

#### CALCULO DE SECCION - CRITERIO TERMICO

|                                     |          |                        |
|-------------------------------------|----------|------------------------|
| INTENSIDAD DE DISEÑO Ib             | 183,2858 | $Ib \leq Iz \times cg$ |
| INTENSIDAD MAXIMA CORREGIDA Iz x cg | 236,1744 | 183,2858 ≤ 236,1744    |
|                                     |          | VERDADERO              |

#### CALCULO DE SECCION - CAIDA DE TENSION

|                                      |          |                                                 |
|--------------------------------------|----------|-------------------------------------------------|
| CAIDA DE TENSION LINEA [V]           | 0,130952 | $cdt \text{ acumulada} \leq cdt \text{ maxima}$ |
| CAIDA DE TENSION ACUMULADA           | 0,130952 | 0,130952 ≤ 26                                   |
| CAIDA DE TENSION MAXIMA ADMISIBLE[V] | 26       | VERDADERO                                       |

#### CALCULO DE PROTECCIONES - SOBRECARGAS

|                                  |          |                           |
|----------------------------------|----------|---------------------------|
| INTENSIDAD DISEÑO Ib             | 183,2858 | $Ib \leq In \leq Iz$      |
| INTENSIDAD PROTECCION In         | 200      | 183,2858 ≤ 200 ≤ 236,1744 |
| INTENSIDAD MAXIMA CORREGIDA Iz   | 236,1744 | VERDADERO                 |
| INTENSIDAD PROTECCION I2=1,60xIn | 320      | $I2 \leq 1,45 \times Iz$  |
|                                  |          | 320 ≤ 342,4529            |
|                                  |          | VERDADERO                 |

#### CALCULO DE PROTECCIONES - CORTOCIRCUITOS

|                                     |          |                            |
|-------------------------------------|----------|----------------------------|
| INTENSIDAD DE CC MAXIMA Icc max     | 20,536   | $Pdc \geq Icc \text{ max}$ |
| PODER DE CORTE DE LA PROTECCION Pdc | 50       | 50 ≥ 20,53571              |
| LONGITUD A PROTEGER Lp              | 5        | VERDADERO                  |
| LONGITUD MAXIMA Lm                  | 326      | $Lm \geq Lp$               |
| INTENSIDAD DE FUSION CABLE t=5 Is   | 15348,37 | 326 ≥ 5                    |
| INTENSIDAD DE FUSION FUSIBLE If     | 1250     | VERDADERO                  |
|                                     |          | $Is \geq If$               |
|                                     |          | 15348,37 ≥ 1250            |
|                                     |          | VERDADERO                  |

| DATOS DE LA LINEA 2 CBT |                     |     |     |  |
|-------------------------|---------------------|-----|-----|--|
| LONGITUD                | 5                   |     |     |  |
| TENSION                 | 420                 |     |     |  |
| COS                     | 0,9                 |     |     |  |
| POTENCIA                | 120000              |     |     |  |
| CONDUCTOR               | RZ1-K (AS) 0,6/1 kV | 240 | 150 |  |
| RESISTIVIDAD            | 0,022               |     |     |  |

| CONDICIONES DE INSTALACION       |                      |                       |        |  |
|----------------------------------|----------------------|-----------------------|--------|--|
| TIPO DE INSTALACION              | TUBOS ENTERRADOS "D" |                       |        |  |
| TEMPERATURA DEL TERRENO          | 25                   | K1                    | 1      |  |
| RESISTIVIDAD TERMICA DEL TERRENO | 2,5                  | K2                    | 1      |  |
| AGRUPACION DE CIRCUITOS          | SI                   | K3                    | 0,71   |  |
| PROFUNDIDAD DE INSTALACION       | 0,8                  | K4                    | 0,99   |  |
| INTENSIDAD MAXIMA Iz             | 336                  | COEFICIENTE GLOBAL cg | 0,7029 |  |

| CALCULO DE SECCION - CRITERIO TERMICO |             |                                                           |  |  |
|---------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------|--|--|
| INTENSIDAD DE DISEÑO Ib               | 183,2857997 | $Ib \leq Iz \times cg$<br>183,2858 ≤ 236,174<br>VERDADERO |  |  |
| INTENSIDAD MAXIMA CORREGIDA Iz x cg   | 236,1744    |                                                           |  |  |

| CALCULO DE SECCION - CAIDA DE TENSION |             |                                                                               |  |  |
|---------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| CAIDA DE TENSION LINEA [V]            | 0,130952381 | $cdt \text{ acumulada} \leq cdt \text{ maxima}$<br>0,130952 ≤ 26<br>VERDADERO |  |  |
| CAIDA DE TENSION ACUMULADA            | 0,130952381 |                                                                               |  |  |
| CAIDA DE TENSION MAXIMA ADMISIBLE[V]  | 26          |                                                                               |  |  |

| CALCULO DE PROTECCIONES - SOBRECARGAS |             |                                                                |  |  |
|---------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------|--|--|
| INTENSIDAD DISEÑO Ib                  | 183,2857997 | $Ib \leq In \leq Iz$<br>183,2858 ≤ 200 ≤ 236,1744<br>VERDADERO |  |  |
| INTENSIDAD PROTECCION In              | 200         |                                                                |  |  |
| INTENSIDAD MAXIMA CORREGIDA Iz        | 236,1744    |                                                                |  |  |
| INTENSIDAD PROTECCION I2=1,60xIn      | 320         | $I2 \leq 1,45 \times Iz$<br>320 ≤ 342,45<br>VERDADERO          |  |  |

| CALCULO DE PROTECCIONES - CORTOCIRCUITOS |            |                                                         |  |  |
|------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------|--|--|
| INTENSIDAD DE CC MAXIMA Icc max          | 20,536     | $Pdc \geq Icc \text{ max}$<br>50 ≥ 20,5357<br>VERDADERO |  |  |
| PODER DE CORTE DE LA PROTECCION Pdc      | 50         |                                                         |  |  |
| LONGITUD A PROTEGER Lp                   | 5          |                                                         |  |  |
| LONGITUD MAXIMA Lm                       | 326        | $Lm \geq Lp$<br>326 ≥ 5<br>VERDADERO                    |  |  |
| INTENSIDAD DE FUSION CABLLE t=5 Is       | 15348,3706 |                                                         |  |  |
| INTENSIDAD DE FUSION FUSIBLE If          | 1250       | $Is \geq If$<br>15348,37 ≥ 1250<br>VERDADERO            |  |  |

#### DATOS DE LA LINEA 3 CBT

|                  |                     |     |     |
|------------------|---------------------|-----|-----|
| LONGITUD         | 5                   |     |     |
| TENSION          | 420                 |     |     |
| COS              | 0,9                 |     |     |
| POTENCIA         | 100000              |     |     |
| CONDUCTOR        | RZ1-K (AS) 0,6/1 kV | 240 | 150 |
| RESISTIVIDAD 90º | 0,022               |     |     |

#### CONDICIONES DE INSTALACION

|                                  |                      |                       |        |
|----------------------------------|----------------------|-----------------------|--------|
| TIPO DE INSTALACION              | TUBOS ENTERRADOS "D" |                       |        |
| TEMPERATURA DEL TERRENO          | 25                   | K1                    | 1      |
| RESISTIVIDAD TERMICA DEL TERRENO | 2,5                  | K2                    | 1      |
| AGRUPACION DE CIRCUITOS          | SI                   | K3                    | 0,71   |
| PROFUNDIDAD DE INSTALACION       | 0,8                  | K4                    | 0,99   |
| INTENSIDAD MAXIMA Iz             | 336                  | COEFICIENTE GLOBAL cg | 0,7029 |

#### CALCULO DE SECCION - CRITERIO TERMICO

|                                     |          |                        |            |
|-------------------------------------|----------|------------------------|------------|
| INTENSIDAD DE DISEÑO Ib             | 152,7382 | $Ib \leq Iz \times cg$ |            |
| INTENSIDAD MAXIMA CORREGIDA Iz x cg | 236,1744 | 152,7382               | ≤ 236,1744 |
| VERDADERO                           |          |                        |            |

#### CALCULO DE SECCION - CAIDA DE TENSION

|                                      |          |                                                 |      |
|--------------------------------------|----------|-------------------------------------------------|------|
| CAIDA DE TENSION LINEA [V]           | 0,109127 | $cdt \text{ acumulada} \leq cdt \text{ maxima}$ |      |
| CAIDA DE TENSION ACUMULADA           | 0,109127 | 0,109127                                        | ≤ 26 |
| CAIDA DE TENSION MAXIMA ADMISIBLE[V] | 26       | VERDADERO                                       |      |

#### CALCULO DE PROTECCIONES - SOBRECARGAS

|                                  |          |                          |                  |
|----------------------------------|----------|--------------------------|------------------|
| INTENSIDAD DISEÑO Ib             | 152,7382 | $Ib \leq In \leq Iz$     |                  |
| INTENSIDAD PROTECCION In         | 200      | 152,7382                 | ≤ 200 ≤ 236,1744 |
| INTENSIDAD MAXIMA CORREGIDA Iz   | 236,1744 | VERDADERO                |                  |
| INTENSIDAD PROTECCION I2=1,60xIn | 320      | $I2 \leq 1,45 \times Iz$ |                  |
|                                  |          | 320                      | ≤ 342,4529       |
| VERDADERO                        |          |                          |                  |

#### CALCULO DE PROTECCIONES - CORTOCIRCUITOS

|                                     |          |                            |            |
|-------------------------------------|----------|----------------------------|------------|
| INTENSIDAD DE CC MAXIMA Icc max     | 20,536   | $Pdc \geq Icc \text{ max}$ |            |
| PODER DE CORTE DE LA PROTECCION Pdc | 50       | 50                         | ≥ 20,53571 |
| LONGITUD A PROTEGER Lp              | 5        | VERDADERO                  |            |
| LONGITUD MAXIMA Lm                  | 326      | $Lm \geq Lp$               |            |
| INTENSIDAD DE FUSION CABLE t=5 Is   | 15348,37 | 326                        | ≥ 5        |
| INTENSIDAD DE FUSION FUSIBLE If     | 1250     | VERDADERO                  |            |
|                                     |          | $Is \geq If$               |            |
|                                     |          | 15348,37                   | ≥ 1250     |
| VERDADERO                           |          |                            |            |

| DATOS DE LA LINEA 4 CBT                  |                      |                            |   |                       |            |
|------------------------------------------|----------------------|----------------------------|---|-----------------------|------------|
| LONGITUD                                 | 5                    |                            |   |                       |            |
| TENSION                                  | 420                  |                            |   |                       |            |
| COS                                      | 0,9                  |                            |   |                       |            |
| POTENCIA                                 | 118400               |                            |   |                       |            |
| CONDUCTOR                                | RZ1-K (AS) 0,6/1 kV  | 240                        |   | 150                   |            |
| RESISTIVIDAD                             | 0,022                |                            |   |                       |            |
| CONDICIONES DE INSTALACION               |                      |                            |   |                       |            |
| TIPO DE INSTALACION                      | TUBOS ENTERRADOS "D" |                            |   |                       |            |
| TEMPERATURA DEL TERRENO                  | 25                   |                            |   | K1                    | 1          |
| RESISTIVIDAD TERMICA DEL TERRENO         | 2,5                  |                            |   | K2                    | 1          |
| AGRUPACION DE CIRCUITOS                  | SI                   |                            |   | K3                    | 0,71       |
| PROFUNDIDAD DE INSTALACION               | 0,8                  |                            |   | K4                    | 0,99       |
| INTENSIDAD MAXIMA Iz                     | 336                  |                            |   | COEFICIENTE GLOBAL cg | 0,7029     |
| CALCULO DE SECCION - CRITERIO TERMICO    |                      |                            |   |                       |            |
| INTENSIDAD DE DISEÑO Ib                  | 180,8419891          | Ib ≤ Iz x cg               |   |                       |            |
| INTENSIDAD MAXIMA CORREGIDA Iz x cg      | 236,1744             | 180,842                    | ≤ | 236,174               |            |
|                                          |                      | VERDADERO                  |   |                       |            |
| CALCULO DE SECCION - CAIDA DE TENSION    |                      |                            |   |                       |            |
| CAIDA DE TENSION LINEA [V]               | 0,129206349          | cdt acumulada ≤ cdt maxima |   |                       |            |
| CAIDA DE TENSION ACUMULADA               | 0,129206349          | 0,129206                   | ≤ | 26                    |            |
| CAIDA DE TENSION MAXIMA ADMISIBLE[V]     | 26                   | VERDADERO                  |   |                       |            |
| CALCULO DE PROTECCIONES - SOBRECARGAS    |                      |                            |   |                       |            |
| INTENSIDAD DISEÑO Ib                     | 180,8419891          | Ib ≤ In ≤ Iz               |   |                       |            |
| INTENSIDAD PROTECCION In                 | 200                  | 180,842                    | ≤ | 200                   | ≤ 236,1744 |
| INTENSIDAD MAXIMA CORREGIDA Iz           | 236,1744             | VERDADERO                  |   |                       |            |
| INTENSIDAD PROTECCION I2=1,60xIn         | 320                  | I2 ≤ 1,45xIz               |   |                       |            |
|                                          |                      | 320                        | ≤ | 342,453               |            |
|                                          |                      | VERDADERO                  |   |                       |            |
| CALCULO DE PROTECCIONES - CORTOCIRCUITOS |                      |                            |   |                       |            |
| INTENSIDAD DE CC MAXIMA Icc max          | 20,536               | Pdc ≥ Icc max              |   |                       |            |
| PODER DE CORTE DE LA PROTECCION Pdc      | 50                   | 50                         | ≥ | 20,5357               |            |
| LONGITUD A PROTEGER Lp                   | 5                    | VERDADERO                  |   |                       |            |
| LONGITUD MAXIMA Lm                       | 326                  | Lm ≥ Lp                    |   |                       |            |
| INTENSIDAD DE FUSION CABLE t=5 Is        | 15348,3706           | 326                        | ≥ | 5                     |            |
| INTENSIDAD DE FUSION FUSIBLE If          | 1250                 | VERDADERO                  |   |                       |            |
|                                          |                      | Is ≥ If                    |   |                       |            |
|                                          |                      | 15348,37                   | ≥ | 1250                  |            |
|                                          |                      | VERDADERO                  |   |                       |            |

### IMPEDANCIAS RED MT

|                                |           |
|--------------------------------|-----------|
| Potencia de cc Red MT SCC [VA] | 350000000 |
|--------------------------------|-----------|

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| Impedancia red Z [ohm] | 0,0005544 |
|------------------------|-----------|

|       | 20°C       | 250°C      |
|-------|------------|------------|
| R_red | 0,00005544 | 0,00010555 |
| X_red | 0,00055163 |            |

### IMPEDANCIAS TRANSFORMADOR

|                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| Potencia del transformador [VA] | 630000 |
|---------------------------------|--------|

|         |   |
|---------|---|
| R_trafo | 0 |
|---------|---|

|                    |   |
|--------------------|---|
| %XCC transformador | 4 |
|--------------------|---|

|         |        |
|---------|--------|
| X_trafo | 0,0112 |
|---------|--------|

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| Voltaje salida transformador | 420 |
|------------------------------|-----|

### INTENSIDAD CORTOCIRCUITO CBT TRANSFORMADOR

|                                             |        |
|---------------------------------------------|--------|
| Intensidad CC maxima CBT transformador [kA] | 20,536 |
|---------------------------------------------|--------|

### IMPEDANCIAS LSBT

|          | L 20°C     | L 250°C    | N 250°C    |
|----------|------------|------------|------------|
| R_lsbt 1 | 0,00035833 | 0,00068223 | 0,00109157 |
| X_lsbt 1 | 8,9583E-05 |            |            |

|          | L 20°C     | L 250°C   | N 250°C   |
|----------|------------|-----------|-----------|
| R_lsbt 2 | 0,00035833 | 0,0006822 | 0,0010916 |
| X_lsbt 2 | 8,9583E-05 |           |           |

|          | L 20°C     | L 250°C    | N 250°C    |
|----------|------------|------------|------------|
| R_lsbt 3 | 0,00035833 | 0,00068223 | 0,00109157 |
| X_lsbt 3 | 8,9583E-05 |            |            |

|          | L 20°C     | L 250°C   | N 250°C   |
|----------|------------|-----------|-----------|
| R_lsbt 4 | 0,00035833 | 0,0006822 | 0,0010916 |
| X_lsbt 4 | 8,9583E-05 |           |           |

### INTENSIDAD DE CC MAXIMA CUADRO DE BAJA TENSION

|                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| Intensidad CC maxima CIRCUITO 1 | 19,412 |
| Intensidad CC maxima CIRCUITO 2 | 19,412 |
| Intensidad CC maxima CIRCUITO 3 | 19,412 |
| Intensidad CC maxima CIRCUITO 4 | 19,412 |
| Intensidad CC maxima CIRCUITO 5 | 19,412 |
| Intensidad CC maxima CIRCUITO 6 | 19,412 |

### IMPEDANCIAS CIRCUITOS

|        | L 20°C     | L 250°C    | N 250°C    |
|--------|------------|------------|------------|
| R_cir1 | 0,00086000 | 0,00163735 | 0,00261977 |
| X_cir1 | 0,000215   |            |            |

|        | L 20°C     | L 250°C   | N 250°C   |
|--------|------------|-----------|-----------|
| R_cir2 | 0,00086000 | 0,0016374 | 0,0026198 |
| X_cir2 | 0,000215   |           |           |

|        | L 20°C     | L 250°C    | N 250°C    |
|--------|------------|------------|------------|
| R_cir3 | 0,00362105 | 0,00689412 | 0,01309883 |
| X_cir3 | 0          |            |            |

|        | L 20°C     | L 250°C   | N 250°C   |
|--------|------------|-----------|-----------|
| R_cir4 | 0,00362105 | 0,0068941 | 0,0130988 |
| X_cir4 | 0          |           |           |

|        | L 20°C     | L 250°C    | N 250°C    |
|--------|------------|------------|------------|
| R_cir5 | 0,00633684 | 0,01206471 | 0,01206471 |
| X_cir5 | 0          |            |            |

|        | L 20°C     | L 250°C   | N 250°C   |
|--------|------------|-----------|-----------|
| R_cir6 | 0,00814737 | 0,0155118 | 0,0155118 |
| X_cir6 | 0          |           |           |

### INTENSIDAD DE CC MINIMA CIRCUITO RECEPTORES

|                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| Intensidad CC minima CIRCUITO 1 | 17,002 |
| Intensidad CC minima CIRCUITO 2 | 17,002 |
| Intensidad CC minima CIRCUITO 3 | 9,247  |
| Intensidad CC minima CIRCUITO 4 | 9,247  |
| Intensidad CC minima CIRCUITO 5 | 8,048  |
| Intensidad CC minima CIRCUITO 6 | 6,577  |

### DATOS DE LA LINEA CIRCUITO CARGADOR 1

|              |                     |     |     |
|--------------|---------------------|-----|-----|
| LONGITUD     | 12                  |     |     |
| TENSION      | 400                 |     |     |
| COS          | 0,9                 |     |     |
| POTENCIA     | 120000              |     |     |
| CONDUCTOR    | RZ1-K (AS) 0,6/1 kV | 240 | 150 |
| RESISTIVIDAD | 0,022               |     |     |

### CONDICIONES DE INSTALACION

|                                  |                      |                       |        |
|----------------------------------|----------------------|-----------------------|--------|
| TIPO DE INSTALACION              | TUBOS ENTERRADOS "D" |                       |        |
| TEMPERATURA DEL TERRENO          | 25                   | K1                    | 1      |
| RESISTIVIDAD TERMICA DEL TERRENO | 2,5                  | K2                    | 1      |
| AGRUPACION DE CIRCUITOS          | SI                   | K3                    | 0,64   |
| PROFUNDIDAD DE INSTALACION       | 0,8                  | K4                    | 0,99   |
| INTENSIDAD MAXIMA Iz             | 336                  | COEFICIENTE GLOBAL cg | 0,6336 |

### CALCULO DE SECCION - CRITERIO TERMICO

|                                     |             |                           |                 |
|-------------------------------------|-------------|---------------------------|-----------------|
| INTENSIDAD DE DISEÑO Ib             | 192,4500897 | $I_b \leq I_z \times c_g$ |                 |
| INTENSIDAD MAXIMA CORREGIDA Iz x cg | 212,8896    | 192,4501                  | $\leq$ 212,8896 |
|                                     |             | VERDADERO                 |                 |

### CALCULO DE SECCION - CAIDA DE TENSION

|                                      |             |                                                 |           |
|--------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------|-----------|
| CAIDA DE TENSION LINEA [V]           | 0,33        | $cdt \text{ acumulada} \leq cdt \text{ maxima}$ |           |
| CAIDA DE TENSION ACUMULADA           | 0,460952381 | 0,460952                                        | $\leq$ 26 |
| CAIDA DE TENSION MAXIMA ADMISIBLE[V] | 26          | VERDADERO                                       |           |

### CALCULO DE PROTECCIONES - SOBRECARGAS

|                                  |             |                            |        |                     |
|----------------------------------|-------------|----------------------------|--------|---------------------|
| INTENSIDAD DISEÑO Ib             | 192,4500897 | $I_b \leq I_n \leq I_z$    |        |                     |
| INTENSIDAD PROTECCION In         | 200         | 192,4501                   | $\leq$ | 200 $\leq$ 212,8896 |
| INTENSIDAD MAXIMA CORREGIDA Iz   | 212,8896    | VERDADERO                  |        |                     |
| INTENSIDAD PROTECCION I2=1,30xIn | 260         | $I_2 \leq 1,45 \times I_z$ |        |                     |
|                                  |             | 260                        | $\leq$ | 308,6899            |
|                                  |             | VERDADERO                  |        |                     |

### CALCULO DE PROTECCIONES - CORTOCIRCUITOS

|                                     |           |                                  |        |                |
|-------------------------------------|-----------|----------------------------------|--------|----------------|
| INTENSIDAD DE CC MAXIMA Icc max     | 19,412    | $P_{dc} \geq I_{cc} \text{ max}$ |        |                |
| PODER DE CORTE DE LA PROTECCION Pdc | 20        | 20                               | $\geq$ | 19,41184       |
| DURACION DEL CC t                   | 3,126     | VERDADERO                        |        |                |
| INTENSIDAD DISPARO Im               | 2000      | $0,1 \leq t \leq 5$              |        |                |
| INTENSIDAD DE CC MINIMA Icc min     | 17001,693 | 0,1                              | $\leq$ | 3,126 $\leq$ 5 |
|                                     |           | VERDADERO                        |        |                |
|                                     |           | $I_{cc} \text{ min} \geq I_m$    |        |                |
|                                     |           | 17001,69                         | $\geq$ | 2000           |
|                                     |           | VERDADERO                        |        |                |

### DATOS DE LA LINEA CIRCUITO CARGADOR 2

|              |                     |     |     |
|--------------|---------------------|-----|-----|
| LONGITUD     | 12                  |     |     |
| TENSION      | 400                 |     |     |
| COS          | 0,9                 |     |     |
| POTENCIA     | 120000              |     |     |
| CONDUCTOR    | RZ1-K (AS) 0,6/1 kV | 240 | 150 |
| RESISTIVIDAD | 0,022               |     |     |

### CONDICIONES DE INSTALACION

|                                  |                      |                       |        |
|----------------------------------|----------------------|-----------------------|--------|
| TIPO DE INSTALACION              | TUBOS ENTERRADOS "D" |                       |        |
| TEMPERATURA DEL TERRENO          | 25                   | K1                    | 1      |
| RESISTIVIDAD TERMICA DEL TERRENO | 2,5                  | K2                    | 1      |
| AGRUPACION DE CIRCUITOS          | SI                   | K3                    | 0,64   |
| PROFUNDIDAD DE INSTALACION       | 0,8                  | K4                    | 0,99   |
| INTENSIDAD MAXIMA Iz             | 336                  | COEFICIENTE GLOBAL cg | 0,6336 |

### CALCULO DE SECCION - CRITERIO TERMICO

|                                     |             |                           |                 |
|-------------------------------------|-------------|---------------------------|-----------------|
| INTENSIDAD DE DISEÑO Ib             | 192,4500897 | $I_b \leq I_z \times c_g$ |                 |
| INTENSIDAD MAXIMA CORREGIDA Iz x cg | 212,8896    | 192,4501                  | $\leq$ 212,8896 |
| VERDADERO                           |             |                           |                 |

### CALCULO DE SECCION - CAIDA DE TENSION

|                                      |             |                                                 |           |
|--------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------|-----------|
| CAIDA DE TENSION LINEA [V]           | 0,33        | $cdt \text{ acumulada} \leq cdt \text{ maxima}$ |           |
| CAIDA DE TENSION ACUMULADA           | 0,460952381 | 0,460952                                        | $\leq$ 26 |
| CAIDA DE TENSION MAXIMA ADMISIBLE[V] | 26          | VERDADERO                                       |           |

### CALCULO DE PROTECCIONES - SOBRECARGAS

|                                  |             |                            |        |                     |
|----------------------------------|-------------|----------------------------|--------|---------------------|
| INTENSIDAD DISEÑO Ib             | 192,4500897 | $I_b \leq I_n \leq I_z$    |        |                     |
| INTENSIDAD PROTECCION In         | 200         | 192,4501                   | $\leq$ | 200 $\leq$ 212,8896 |
| INTENSIDAD MAXIMA CORREGIDA Iz   | 212,8896    | VERDADERO                  |        |                     |
| INTENSIDAD PROTECCION I2=1,30xIn | 260         | $I_2 \leq 1,45 \times I_z$ |        |                     |
|                                  |             | 260                        | $\leq$ | 308,6899            |
| VERDADERO                        |             |                            |        |                     |

### CALCULO DE PROTECCIONES - CORTOCIRCUITOS

|                                     |           |                                  |        |                |
|-------------------------------------|-----------|----------------------------------|--------|----------------|
| INTENSIDAD DE CC MAXIMA Icc max     | 19,412    | $P_{dc} \geq I_{cc} \text{ max}$ |        |                |
| PODER DE CORTE DE LA PROTECCION Pdc | 20        | 20                               | $\geq$ | 19,41184       |
| DURACION DEL CC t                   | 3,126     | VERDADERO                        |        |                |
| INTENSIDAD DISPARO Im               | 2000      | $0,1 \leq t \leq 5$              |        |                |
| INTENSIDAD DE CC MINIMA Icc min     | 17001,693 | 0,1                              | $\leq$ | 3,126 $\leq$ 5 |
| VERDADERO                           |           |                                  |        |                |
|                                     |           | $I_{cc} \text{ min} \geq I_m$    |        |                |
|                                     |           | 17001,69                         | $\geq$ | 2000           |
| VERDADERO                           |           |                                  |        |                |

### DATOS DE LA LINEA CIRCUITO CARGADOR 3

|              |                     |    |    |
|--------------|---------------------|----|----|
| LONGITUD     | 20                  |    |    |
| TENSION      | 400                 |    |    |
| COS          | 0,9                 |    |    |
| POTENCIA     | 50000               |    |    |
| CONDUCTOR    | RZ1-K (AS) 0,6/1 kV | 95 | 50 |
| RESISTIVIDAD | 0,022               |    |    |

### CONDICIONES DE INSTALACION

|                                  |                      |                       |        |
|----------------------------------|----------------------|-----------------------|--------|
| TIPO DE INSTALACION              | TUBOS ENTERRADOS "D" |                       |        |
| TEMPERATURA DEL TERRENO          | 25                   | K1                    | 1      |
| RESISTIVIDAD TERMICA DEL TERRENO | 2,5                  | K2                    | 1      |
| AGRUPACION DE CIRCUITOS          | SI                   | K3                    | 0,64   |
| PROFUNDIDAD DE INSTALACION       | 0,8                  | K4                    | 0,99   |
| INTENSIDAD MAXIMA Iz             | 202                  | COEFICIENTE GLOBAL cg | 0,6336 |

### CALCULO DE SECCION - CRITERIO TERMICO

|                                     |             |              |            |
|-------------------------------------|-------------|--------------|------------|
| INTENSIDAD DE DISEÑO Ib             | 80,18753739 | Ib ≤ Iz x cg |            |
| INTENSIDAD MAXIMA CORREGIDA Iz x cg | 127,9872    | 80,18754     | ≤ 127,9872 |
| VERDADERO                           |             |              |            |

### CALCULO DE SECCION - CAIDA DE TENSION

|                                      |             |                            |      |
|--------------------------------------|-------------|----------------------------|------|
| CAIDA DE TENSION LINEA [V]           | 0,578947368 | cdt acumulada ≤ cdt maxima |      |
| CAIDA DE TENSION ACUMULADA           | 0,688074353 | 0,688074                   | ≤ 26 |
| CAIDA DE TENSION MAXIMA ADMISIBLE[V] | 26          | VERDADERO                  |      |

### CALCULO DE PROTECCIONES - SOBRECARGAS

|                                  |             |              |                  |
|----------------------------------|-------------|--------------|------------------|
| INTENSIDAD DISEÑO Ib             | 80,18753739 | Ib ≤ In ≤ Iz |                  |
| INTENSIDAD PROTECCION In         | 100         | 80,18754     | ≤ 100 ≤ 127,9872 |
| INTENSIDAD MAXIMA CORREGIDA Iz   | 127,9872    | VERDADERO    |                  |
| INTENSIDAD PROTECCION I2=1,45xIn | 145         | I2 ≤ 1,45xIz |                  |
|                                  |             | 145          | ≤ 185,5814       |
| VERDADERO                        |             |              |                  |

### CALCULO DE PROTECCIONES - CORTOCIRCUITOS

|                                     |          |               |             |
|-------------------------------------|----------|---------------|-------------|
| INTENSIDAD DE CC MAXIMA Icc max     | 19,412   | Pdc ≥ Icc max |             |
| PODER DE CORTE DE LA PROTECCION Pdc | 20       | 20            | ≥ 19,41184  |
| DURACION DEL CC t                   | 0,490    | VERDADERO     |             |
| INTENSIDAD DISPARO Im               | 1000     | 0,1 ≤ t ≤ 5   |             |
| INTENSIDAD DE CC MINIMA Icc min     | 9247,379 | 0,1           | ≤ 0,490 ≤ 5 |
| VERDADERO                           |          |               |             |
|                                     |          | Icc min ≥ Im  |             |
|                                     |          | 9247,379      | ≥ 1000      |
| VERDADERO                           |          |               |             |

#### DATOS DE LA LINEA CIRCUITO CARGADOR 4

|              |                     |    |    |
|--------------|---------------------|----|----|
| LONGITUD     | 20                  |    |    |
| TENSION      | 400                 |    |    |
| COS          | 0,9                 |    |    |
| POTENCIA     | 50000               |    |    |
| CONDUCTOR    | RZ1-K (AS) 0,6/1 kV | 95 | 50 |
| RESISTIVIDAD | 0,022               |    |    |

#### CONDICIONES DE INSTALACION

|                                  |                      |                       |        |
|----------------------------------|----------------------|-----------------------|--------|
| TIPO DE INSTALACION              | TUBOS ENTERRADOS "D" |                       |        |
| TEMPERATURA DEL TERRENO          | 25                   | K1                    | 1      |
| RESISTIVIDAD TERMICA DEL TERRENO | 2,5                  | K2                    | 1      |
| AGRUPACION DE CIRCUITOS          | SI                   | K3                    | 0,64   |
| PROFUNDIDAD DE INSTALACION       | 0,8                  | K4                    | 0,99   |
| INTENSIDAD MAXIMA Iz             | 202                  | COEFICIENTE GLOBAL cg | 0,6336 |

#### CALCULO DE SECCION - CRITERIO TERMICO

|                                     |           |                           |
|-------------------------------------|-----------|---------------------------|
| INTENSIDAD DE DISEÑO Ib             | 80,187537 | $I_b \leq I_z \times c_g$ |
| INTENSIDAD MAXIMA CORREGIDA Iz x cg | 127,9872  | 80,18754 ≤ 127,9872       |
|                                     |           | VERDADERO                 |

#### CALCULO DE SECCION - CAIDA DE TENSION

|                                      |           |                                     |
|--------------------------------------|-----------|-------------------------------------|
| CAIDA DE TENSION LINEA [V]           | 0,5789474 | $cdt_{acumulada} \leq cdt_{maxima}$ |
| CAIDA DE TENSION ACUMULADA           | 0,6880744 | 0,688074 ≤ 26                       |
| CAIDA DE TENSION MAXIMA ADMISIBLE[V] | 26        | VERDADERO                           |

#### CALCULO DE PROTECCIONES - SOBRECARGAS

|                                  |           |                            |
|----------------------------------|-----------|----------------------------|
| INTENSIDAD DISEÑO Ib             | 80,187537 | $I_b \leq I_n \leq I_z$    |
| INTENSIDAD PROTECCION In         | 100       | 80,18754 ≤ 100 ≤ 127,9872  |
| INTENSIDAD MAXIMA CORREGIDA Iz   | 127,9872  | VERDADERO                  |
| INTENSIDAD PROTECCION I2=1,45xIn | 145       | $I_2 \leq 1,45 \times I_z$ |
|                                  |           | 145 ≤ 185,5814             |
|                                  |           | VERDADERO                  |

#### CALCULO DE PROTECCIONES - CORTOCIRCUITOS

|                                     |          |                           |
|-------------------------------------|----------|---------------------------|
| INTENSIDAD DE CC MAXIMA Icc max     | 19,412   | $P_{dc} \geq I_{cc \max}$ |
| PODER DE CORTE DE LA PROTECCION Pdc | 20       | 20 ≥ 19,41184             |
| DURACION DEL CC t                   | 0,490    | VERDADERO                 |
| INTENSIDAD DISPARO Im               | 1000     | $0,1 \leq t \leq 5$       |
| INTENSIDAD DE CC MINIMA Icc min     | 9247,379 | 0,1 ≤ 0,490 ≤ 5           |
|                                     |          | VERDADERO                 |
|                                     |          | $I_{cc \min} \geq I_m$    |
|                                     |          | 9247,379 ≥ 1000           |
|                                     |          | VERDADERO                 |

#### DATOS DE LA LINEA CIRCUITO CARGADOR 5

|              |                     |    |    |
|--------------|---------------------|----|----|
| LONGITUD     | 35                  |    |    |
| TENSION      | 400                 |    |    |
| COS          | 0,9                 |    |    |
| POTENCIA     | 59200               |    |    |
| CONDUCTOR    | RZ1-K (AS) 0,6/1 kV | 95 | 95 |
| RESISTIVIDAD | 0,022               |    |    |

#### CONDICIONES DE INSTALACION

|                                  |                      |                       |        |
|----------------------------------|----------------------|-----------------------|--------|
| TIPO DE INSTALACION              | TUBOS ENTERRADOS "D" |                       |        |
| TEMPERATURA DEL TERRENO          | 25                   | K1                    | 1      |
| RESISTIVIDAD TERMICA DEL TERRENO | 2,5                  | K2                    | 1      |
| AGRUPACION DE CIRCUITOS          | SI                   | K3                    | 0,64   |
| PROFUNDIDAD DE INSTALACION       | 0,8                  | K4                    | 0,99   |
| INTENSIDAD MAXIMA Iz             | 202                  | COEFICIENTE GLOBAL cg | 0,6336 |

#### CALCULO DE SECCION - CRITERIO TERMICO

|                                     |           |                        |
|-------------------------------------|-----------|------------------------|
| INTENSIDAD DE DISEÑO Ib             | 94,942044 | $Ib \leq Iz \times cg$ |
| INTENSIDAD MAXIMA CORREGIDA Iz x cg | 127,9872  | 94,94204 ≤ 127,9872    |
| VERDADERO                           |           |                        |

#### CALCULO DE SECCION - CAIDA DE TENSION

|                                      |           |                                     |
|--------------------------------------|-----------|-------------------------------------|
| CAIDA DE TENSION LINEA [V]           | 1,1995789 | $cdt_{acumulada} \leq cdt_{maxima}$ |
| CAIDA DE TENSION ACUMULADA           | 1,3287853 | 1,328785 ≤ 26                       |
| CAIDA DE TENSION MAXIMA ADMISIBLE[V] | 26        | VERDADERO                           |

#### CALCULO DE PROTECCIONES - SOBRECARGAS

|                                  |           |                           |
|----------------------------------|-----------|---------------------------|
| INTENSIDAD DISEÑO Ib             | 94,942044 | $Ib \leq In \leq Iz$      |
| INTENSIDAD PROTECCION In         | 100       | 94,94204 ≤ 100 ≤ 127,9872 |
| INTENSIDAD MAXIMA CORREGIDA Iz   | 127,9872  | VERDADERO                 |
| INTENSIDAD PROTECCION I2=1,45xIn | 145       | $I2 \leq 1,45 \times Iz$  |
|                                  |           | 145 ≤ 185,5814            |
| VERDADERO                        |           |                           |

#### CALCULO DE PROTECCIONES - CORTOCIRCUITOS

|                                     |          |                      |
|-------------------------------------|----------|----------------------|
| INTENSIDAD DE CC MAXIMA Icc max     | 19,412   | $Pdc \geq Icc_{max}$ |
| PODER DE CORTE DE LA PROTECCION Pdc | 20       | 20 ≥ 19,41184        |
| DURACION DEL CC t                   | 0,490    | VERDADERO            |
| INTENSIDAD DISPARO Im               | 1000     | $0,1 \leq t \leq 5$  |
| INTENSIDAD DE CC MINIMA Icc min     | 8048,303 | 0,1 ≤ 0,490 ≤ 5      |
|                                     |          | VERDADERO            |
|                                     |          | $Icc_{min} \geq Im$  |
|                                     |          | 8048,303 ≥ 1000      |
| VERDADERO                           |          |                      |

#### DATOS DE LA LINEA CIRCUITO CARGADOR 6

|              |                     |    |    |
|--------------|---------------------|----|----|
| LONGITUD     | 45                  |    |    |
| TENSION      | 400                 |    |    |
| COS          | 0,9                 |    |    |
| POTENCIA     | 59200               |    |    |
| CONDUCTOR    | RZ1-K (AS) 0,6/1 kV | 95 | 95 |
| RESISTIVIDAD | 0,022               |    |    |

#### CONDICIONES DE INSTALACION

|                                  |                      |                       |        |
|----------------------------------|----------------------|-----------------------|--------|
| TIPO DE INSTALACION              | TUBOS ENTERRADOS "D" |                       |        |
| TEMPERATURA DEL TERRENO          | 25                   | K1                    | 1      |
| RESISTIVIDAD TERMICA DEL TERRENO | 2,5                  | K2                    | 1      |
| AGRUPACION DE CIRCUITOS          | SI                   | K3                    | 0,64   |
| PROFUNDIDAD DE INSTALACION       | 0,8                  | K4                    | 0,99   |
| INTENSIDAD MAXIMA Iz             | 202                  | COEFICIENTE GLOBAL cg | 0,6336 |

#### CALCULO DE SECCION - CRITERIO TERMICO

|                                     |           |                           |
|-------------------------------------|-----------|---------------------------|
| INTENSIDAD DE DISEÑO Ib             | 94,942044 | $I_b \leq I_z \times c_g$ |
| INTENSIDAD MAXIMA CORREGIDA Iz x cg | 127,9872  | 94,94204 ≤ 127,9872       |
| VERDADERO                           |           |                           |

#### CALCULO DE SECCION - CAIDA DE TENSION

|                                      |           |                                     |
|--------------------------------------|-----------|-------------------------------------|
| CAIDA DE TENSION LINEA [V]           | 1,5423158 | $cdt_{acumulada} \leq cdt_{maxima}$ |
| CAIDA DE TENSION ACUMULADA           | 1,6715221 | 1,671522 ≤ 26                       |
| CAIDA DE TENSION MAXIMA ADMISIBLE[V] | 26        | VERDADERO                           |

#### CALCULO DE PROTECCIONES - SOBRECARGAS

|                                               |           |                            |
|-----------------------------------------------|-----------|----------------------------|
| INTENSIDAD DISEÑO Ib                          | 94,942044 | $I_b \leq I_n \leq I_z$    |
| INTENSIDAD PROTECCION In                      | 100       | 94,94204 ≤ 100 ≤ 127,9872  |
| INTENSIDAD MAXIMA CORREGIDA Iz                | 127,9872  | VERDADERO                  |
| INTENSIDAD PROTECCION $I_2 = 1,45 \times I_n$ | 145       | $I_2 \leq 1,45 \times I_z$ |
|                                               |           | 145 ≤ 185,5814             |
| VERDADERO                                     |           |                            |

#### CALCULO DE PROTECCIONES - CORTOCIRCUITOS

|                                     |          |                           |
|-------------------------------------|----------|---------------------------|
| INTENSIDAD DE CC MAXIMA Icc max     | 19,412   | $P_{dc} \geq I_{cc \max}$ |
| PODER DE CORTE DE LA PROTECCION Pdc | 20       | 20 ≥ 19,41184             |
| DURACION DEL CC t                   | 0,490    | VERDADERO                 |
| INTENSIDAD DISPARO Im               | 1000     | $0,1 \leq t \leq 5$       |
| INTENSIDAD DE CC MINIMA Icc min     | 6577,296 | 0,1 ≤ 0,490 ≤ 5           |
| VERDADERO                           |          |                           |
|                                     |          | $I_{cc \min} \geq I_m$    |
|                                     |          | 6577,296 ≥ 1000           |
| VERDADERO                           |          |                           |

### 1.3. PLANIFICACIÓN

### 1.4. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

#### 1.4.1. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

##### 1.4.1.1. INTRODUCCIÓN

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales tiene por objeto la determinación del cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Como ley establece un marco legal a partir del cual las normas reglamentarias irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.

Estas normas complementarias quedan resumidas a continuación:

- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

##### 1.4.1.2. DERECHOS Y OBLIGACIONES

###### 1.4.1.2.1. DERECHO A LA PROTECCIÓN FRENTE RIESGOS LABORALES

Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.

A este efecto, el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, con las especialidades que se recogen en los artículos siguientes en materia de evaluación de riesgos, información, consulta, participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente y vigilancia de la salud.

#### 1.4.1.2.2. PRINCIPIOS DE LA ACCIÓN PREVENTIVA

El empresario aplicará las medidas preventivas pertinentes, con arreglo a los siguientes principios generales:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se pueden evitar.
- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.
- Adoptar las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.
- Prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador.

#### 1.4.1.2.3. EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS

La acción preventiva en la empresa se planificará por el empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, que se realizará, con carácter general, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad, y en relación con aquellos que estén expuestos a riesgos especiales. Igual evaluación deberá hacerse con ocasión de la elección de los equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo.

De alguna manera se podrían clasificar las causas de los riesgos en las categorías siguientes:

- Insuficiente calificación profesional del personal dirigente, jefes de equipo y obreros.
- Empleo de maquinaria y equipos en trabajos que no corresponden a la finalidad para la que fueron concebidos o a sus posibilidades.
- Negligencia en el manejo y conservación de las máquinas e instalaciones. Control deficiente en la explotación.
- Insuficiente instrucción del personal en materia de seguridad.
- Referente a las máquinas herramienta, los riesgos que pueden surgir al manejarlas se pueden resumir en los siguientes puntos:
- Se puede producir un accidente o deterioro de una máquina si se pone en marcha sin conocer su modo de funcionamiento.
- La lubricación deficiente conduce a un desgaste prematuro por lo que los puntos de engrase manual deben ser engrasados regularmente.
- Puede haber ciertos riesgos si alguna palanca de la máquina no está en su posición correcta.
- El resultado de un trabajo puede ser poco exacto si las guías de las máquinas se desgastan, y por ello hay que protegerlas contra la introducción de virutas.

Puede haber riesgos mecánicos que se deriven fundamentalmente de los diversos movimientos que realicen las distintas partes de una máquina y que pueden provocar que el operario:

- Entre en contacto con alguna parte de la máquina o ser atrapado entre ella y cualquier estructura fija o material.
- Sea golpeado o arrastrado por cualquier parte en movimiento de la máquina.
- Ser golpeado por elementos de la máquina que resulten proyectados.
- Puede haber riesgos no mecánicos tales como los derivados de la utilización de energía eléctrica, productos químicos, generación de ruido, vibraciones, radiaciones, etc.

Los movimientos peligrosos de las máquinas se clasifican en cuatro grupos:

- Movimientos de rotación. Son aquellos movimientos sobre un eje con independencia de la inclinación del mismo y aun cuando giren lentamente. Se clasifican en los siguientes grupos:
  - Elementos considerados aisladamente tales como árboles de transmisión, vástagos, brocas, acoplamientos.
  - Puntos de atrapamiento entre engranajes y ejes girando y otras fijas o dotadas de desplazamiento lateral a ellas.
- Movimientos alternativos y de traslación. El punto peligroso se sitúa en el lugar donde la pieza dotada de este tipo de movimiento se aproxima a otra pieza fija o móvil y la sobrepasa.
- Movimientos de traslación y rotación. Las conexiones de bielas y vástagos con ruedas y volantes son algunos de los mecanismos que generalmente están dotadas de este tipo de movimientos.
- Movimientos de oscilación. Las piezas dotadas de movimientos de oscilación pendular generan puntos de “tijera” entre ellas y otras piezas fijas.

Las actividades de prevención deberán ser modificadas cuando se aprecie por el empresario, como consecuencia de los controles periódicos previstos en el apartado anterior, su inadecuación a los fines de protección requeridos.

#### 1.4.1.2.4. EQUIPO DE TRABAJO Y MEDIOS DE PROTECCIÓN

Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda presentar un riesgo específico para la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que:

- La utilización del equipo de trabajo quede reservada a los encargados de dicha utilización.
- Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizados por los trabajadores específicamente capacitados para ello.

El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos.

#### 1.4.1.2.5. INFORMACIÓN, CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES

El empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban todas las informaciones necesarias en relación con:

- Los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos.

Los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos competentes en esta materia, dirigidas a la mejora de los niveles de la

protección de la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, en materia de señalización en dichos lugares, en cuanto a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en las obras de construcción y en cuanto a utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

#### 1.4.1.2.6. FORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES

El empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva.

#### 1.4.1.2.7. MEDIDAS DE EMERGENCIA

El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa, así como la posible presencia de personas ajenas a la misma deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento.

#### 1.4.1.2.8. RIESGO GRAVE E INMINENTE

Cuando los trabajadores estén expuestos a un riesgo grave e inminente con ocasión de su trabajo, el empresario estará obligado a:

- Informar lo antes posible a todos los trabajadores afectados acerca de la existencia de dicho riesgo y de las medidas adoptadas en materia de protección.
- Dar las instrucciones necesarias para que, en caso de peligro grave, inminente e inevitable, los trabajadores puedan interrumpir su actividad y además estar en condiciones, habida cuenta de sus conocimientos y de los medios técnicos puestos a su disposición, de

adoptar las medidas necesarias para evitar las consecuencias de dicho peligro.

#### 1.4.1.2.9. VIGILANCIA DE LA SALUD

El empresario garantizará a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo, optando por la realización de aquellos reconocimientos o pruebas que causen las menores molestias al trabajador y que sean proporcionales al riesgo.

#### 1.4.1.2.10. DOCUMENTACIÓN

El empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la siguiente documentación:

- Evaluación de los riesgos para la seguridad y salud en el trabajo, y planificación de la acción preventiva.
- Medidas de protección y prevención a adoptar.
- Resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo.
- Práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores.

#### 1.4.1.2.11. COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES EMPRESARIALES

Cuando en un mismo centro de trabajo desarrollen actividades trabajadoras de dos o más empresas, éstas deberán cooperar en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos laborales.

#### 1.4.1.2.12. PROTECCIÓN DE TRABAJADORES ESPECIALMENTE SENSIBLES A DETERMINADOS RIESGOS

El empresario garantizará, evaluando los riesgos y adoptando las medidas preventivas necesarias, la protección de los trabajadores que, por sus propias características personales o estado biológico conocido, incluidos aquellos que tengan reconocida la situación de discapacidad física, psíquica o sensorial, sean específicamente sensibles a los riesgos derivados del trabajo.

#### 1.4.1.2.13. PROTECCIÓN DE LA MATERNIDAD

La evaluación de los riesgos deberá comprender la determinación de la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de las trabajadoras en situación de embarazo o parto reciente, a agentes, procedimientos o condiciones de trabajo que puedan influir negativamente en la salud de las trabajadoras o del feto, adoptando, en su caso, las medidas necesarias para evitar la exposición a dicho riesgo.

#### 1.4.1.2.14. PROTECCIÓN DE LOS MENORES

Antes de la incorporación al trabajo de jóvenes menores de dieciocho años, y previamente a cualquier modificación importante de sus condiciones de trabajo, el empresario deberá efectuar una evaluación de los puestos de trabajo a desempeñar por los mismos, a fin de determinar la naturaleza, el grado y la duración de su exposición, teniendo especialmente en cuenta los riesgos derivados de su falta de experiencia, de su inmadurez para evaluar los riesgos existentes o potenciales y de su desarrollo todavía incompleto.

#### 1.4.1.2.15. RELACIONES DE TRABAJO TEMPORALES, DE DURACIÓN DETERMINADA Y EN EMPRESAS DE TRABAJO TEMPORAL

Los trabajadores con relaciones de trabajo temporales o de duración determinada, así como los contratados por empresas de trabajo temporal, deberán disfrutar del mismo nivel de protección en materia de seguridad y salud que los restantes trabajadores de la empresa en la que prestan sus servicios.

#### 1.4.1.2.16. OBLIGACIÓN DE LOS TRABAJADORES EN CUESTIÓN DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

Corresponde a cada trabajador velar, según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas, por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.

Los trabajadores, con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán en particular:

- Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario.
- No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes
- Informar de inmediato un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente.

#### 1.4.1.3. SERVICIOS DE PREVENCIÓN

##### 1.4.1.3.1. PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES

En cumplimiento del deber de prevención de riesgos profesionales, el empresario designará uno o varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad, constituirá un servicio de prevención o concertará dicho servicio con una entidad especializada ajena a la empresa.

Los trabajadores designados deberán tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y de los medios precisos y ser suficientes en número, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos a que están expuestos los trabajadores. En las empresas de menos de seis trabajadores, el empresario podrá asumir personalmente las funciones señaladas anteriormente, siempre que desarrolle de forma habitual su actividad en el centro de trabajo y tenga capacidad necesaria.

El empresario que no hubiere concertado el Servicio de Prevención con una entidad especializada ajena a la empresa deberá someter su sistema de prevención al control de una auditoría o evaluación externa.

#### 1.4.1.3.2. SERVICIOS DE PREVENCIÓN

Si la designación de uno o varios trabajadores fuera insuficiente para la realización de las actividades de prevención, en función del tamaño de la empresa, de los riesgos a que están expuestos los trabajadores o de la peligrosidad de las actividades desarrolladas, el empresario deberá recurrir a uno o varios servicios de prevención propios o ajenos a la empresa, que colaborarán cuando sea necesario.

#### 1.4.1.4. CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES

##### 1.4.1.4.1. CONSULTA DE LOS TRABAJADORES

El empresario deberá consultar a los trabajadores, con la debida antelación, la adopción de las decisiones relativas a:

- La planificación y la organización del trabajo en la empresa y la introducción de nuevas tecnologías, en todo lo relacionado con las consecuencias que éstas pudieran tener para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- La organización y desarrollo de las actividades de protección de la salud y prevención de los riesgos profesionales en la empresa, incluida la designación de los trabajadores encargados de dichas actividades o el recurso a un servicio de prevención externo.

- La designación de los trabajadores encargados de las medidas de emergencia.
- El proyecto y la organización de la formación en materia preventiva.

#### 1.4.1.4.2. DERECHO DE PARTICIPACIÓN Y REPRESENTACIÓN

Los trabajadores tienen derecho a participar en la empresa en las cuestiones relacionadas con la prevención de riesgos en el trabajo.

En las empresas o centros de trabajo que cuenten con seis o más trabajadores, la participación de éstos se canalizará a través de sus representantes y de la representación especializada.

#### 1.4.1.4.3. DELEGADOS DE PREVENCIÓN

Los Delegados de Prevención son los representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos en el trabajo. Serán designados por y entre los representantes del personal, con arreglo a la siguiente escala:

- De 50 a 100 trabajadores: 2 Delegados de Prevención.
- De 101 a 500 trabajadores: 3 Delegados de Prevención.
- De 501 a 1000 trabajadores: 4 Delegados de Prevención.
- De 1001 a 2000 trabajadores: 5 Delegados de Prevención.
- De 2001 a 3000 trabajadores: 6 Delegados de Prevención.
- De 3001 a 4000 trabajadores: 7 Delegados de Prevención.
- De 4001 en adelante: 8 Delegados de Prevención.

En las empresas de hasta treinta trabajadores el Delegado de Prevención será el Delegado de Personal. En las empresas de treinta y uno a cuarenta y nueve trabajadores habrá un Delegado de Prevención que será elegido por y entre los Delegados de Personal.

## 1.4.2. DISPOSICIONES MÍNIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

### 1.4.2.1. INTRODUCCIÓN

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que en los lugares de trabajo exista una adecuada señalización de seguridad y salud, siempre que los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente a través de medios técnicos de protección colectiva.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril de 1.997 establece las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo, entendiendo como tales aquellas señalizaciones que referidas a un objeto, actividad o situación determinada, proporcionen una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual.

### 1.4.2.2. OBLIGACIÓN GENERAL DEL EMPRESARIO

La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- Las características de la señal.
- Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.
- La extensión de la zona a cubrir.
- El número de trabajadores afectados.

Para la señalización de desniveles, obstáculos u otros elementos que originen riesgo de caída de personas, choques o golpes, así como para la señalización de riesgo eléctrico, presencia de materias inflamables, tóxicas, corrosivas o riesgo biológico, podrá optarse por una señal de advertencia de forma triangular, con un pictograma característico de color negro sobre fondo amarillo y bordes negros.

Las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de color blanco o amarillo.

Los equipos de protección contra incendios deberán ser de color rojo.

La señalización para la localización e identificación de las vías de evacuación y de los equipos de salvamento o socorro (botiquín portátil) se realizará mediante una señal de forma cuadrada o rectangular, con un pictograma característico de color blanco sobre fondo verde.

La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal.

### 1.4.3. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO

#### 1.4.3.1. INTRODUCCIÓN

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que de la presencia o utilización de los equipos de trabajo puestos a disposición de los

trabajadores en la empresa o centro de trabajo no se deriven riesgos para la seguridad o salud de estos.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 1215/1997 de 18 de Julio de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, entendiendo como tales cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.

#### 1.4.3.2. OBLIGACIÓN GENERAL DEL EMPRESARIO

El empresario adoptará las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos.

Deberá utilizar únicamente equipos que satisfagan cualquier disposición legal o reglamentaria que les sea de aplicación.

Para la elección de los equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta los siguientes factores:

- Las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar.
- Los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- En su caso, las adaptaciones necesarias para su utilización por trabajadores discapacitados.

Adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones adecuadas. Todas las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo se realizarán tras haber parado o desconectado el equipo. Estas operaciones deberán ser encomendadas al personal especialmente capacitado para ello.

El empresario deberá garantizar que los trabajadores reciban una formación e información adecuadas a los riesgos derivados de los equipos de trabajo. La

información, suministrada preferentemente por escrito, deberá contener, como mínimo, las indicaciones relativas a:

- Las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las situaciones o formas de utilización anormales y peligrosas que puedan preverse.
- Las conclusiones que, en su caso, se puedan obtener de la experiencia adquirida en la utilización de los equipos de trabajo.

#### 1.4.3.2.1. DISPOSICIONES MÍNIMAS GENERALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO

Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y no deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria.

Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo de caída de objetos o de proyecciones deberá estar provisto de dispositivos de protección adecuados a dichos riesgos.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.

Si fuera necesario para la seguridad o la salud de los trabajadores, los equipos de trabajo y sus elementos deberán estabilizarse por fijación o por otros medios.

Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgo de accidente por contacto mecánico, deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas.

Las zonas y puntos de trabajo o mantenimiento de un equipo de trabajo deberán estar adecuadamente iluminadas en función de las tareas que deban realizarse.

Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de los trabajadores.

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo o indirecto de la electricidad y los que entrañen riesgo por ruido, vibraciones o radiaciones deberá disponer de las protecciones o dispositivos adecuados para limitar, en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos.

Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos.

La utilización de todos estos equipos no podrá realizarse en contradicción con las instrucciones facilitadas por el fabricante, comprobándose antes del iniciar la tarea que todas sus protecciones y condiciones de uso son las adecuadas.

#### 1.4.3.2.2. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO MÓVILES

Los equipos con trabajadores transportados deberán evitar el contacto de éstos con ruedas y orugas y el aprisionamiento por las mismas. Para ello dispondrán de una estructura de protección que impida que el equipo de trabajo incline más de un cuarto de vuelta o una estructura que garantice un espacio suficiente alrededor de los trabajadores transportados cuando el equipo pueda inclinarse más de un cuarto de vuelta. No se requerirán estas estructuras de protección cuando el equipo de trabajo se encuentre estabilizado durante su empleo.

Las carretillas elevadoras deberán estar acondicionadas mediante la instalación de una cabina para el conductor, una estructura que impida que la carretilla vuelque, una

estructura que garantice que, en caso de vuelco, quede espacio suficiente para el trabajador entre el suelo y determinadas partes de dicha carretilla y una estructura que mantenga al trabajador sobre el asiento de conducción en buenas condiciones.

Los equipos de trabajo automotores deberán contar con dispositivos de frenado y parada, con dispositivos para garantizar una visibilidad adecuada y con una señalización acústica de advertencia. En cualquier caso, su conducción estará reservada a los trabajadores que hayan recibido una información específica.

#### 1.4.3.2.3. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA ELEVACIONES DE CARGA

Deberán estar instalados firmemente, teniendo presente la carga que deban levantar y las tensiones inducidas en los puntos de suspensión o de fijación. En cualquier caso, los aparatos de izar estarán equipados con limitador del recorrido del carro y de los ganchos, los motores eléctricos estarán provistos de limitadores de altura y del peso, los ganchos de sujeción serán de acero con “pestillos de seguridad” y los carriles para desplazamiento estarán limitados a una distancia de 1 m de su término mediante topes de seguridad de final de carrera eléctricos.

Deberá figurar claramente la carga nominal.

Deberán instalarse de modo que se reduzca el riesgo de que la carga caiga en picado, se suelte o se desvíe involuntariamente de forma peligrosa. En cualquier caso, se evitará la presencia de trabajadores bajo las cargas suspendidas. Caso de ir equipadas con cabinas para trabajadores deberá evitarse la caída de éstas, su aplastamiento o choque.

Los trabajos de izado, transporte y descenso de cargas suspendidas, quedarán interrumpidos bajo régimen de vientos superiores a los 60 km/h.

#### 1.4.3.2.4. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA MOVIMIENTOS DE TIERRAS Y MAQUINARIA PESADA GENERAL.

Las máquinas para los movimientos de tierras estarán dotadas de faros de marcha hacia adelante y de retroceso, servofrenos, freno de mano, bocina automática de retroceso, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y antiimpactos y un extintor.

Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar los riesgos por atropello.

Durante el tiempo de parada de las máquinas se señalizará su entorno con "señales de peligro", para evitar los riesgos por fallo de frenos o por atropello durante la puesta en marcha.

Si se produjese contacto con líneas eléctricas el maquinista permanecerá inmóvil en su puesto y solicitará auxilio por medio de las bocinas. De ser posible el salto sin riesgo de contacto eléctrico, el maquinista saltará fuera de la máquina sin tocar, al unísono, la máquina y el terreno.

Antes del abandono de la cabina, el maquinista habrá dejado en reposo, en contacto con el pavimento (la cuchilla, cazo, etc.), puesto el freno de mano y parado el motor extrayendo la llave de contacto para evitar los riesgos por fallos del sistema hidráulico.

Las pasarelas y peldaños de acceso para conducción o mantenimiento permanecerán limpios de gravas, barro y aceite, para evitar los riesgos de caída.

Se prohíbe el transporte de personas sobre las máquinas para el movimiento de tierras, para evitar los riesgos de caídas o de atropellos.

Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los cortes (taludes o terraplenes) a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras, para evitar los riesgos por caída de la máquina.

Se señalizarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico.

Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m. del borde de la excavación (como norma general).

No se debe fumar cuando se abastezca de combustible la máquina, pues podría inflamarse. Al realizar dicha tarea el motor deberá permanecer parado.

Se prohíbe realizar trabajos en un radio de 10 m entorno a las máquinas de hinca, en prevención de golpes y atropellos.

Las cintas transportadoras estarán dotadas de pasillo lateral de visita de 60 cm de anchura y barandillas de protección de éste de 90 cm de altura. Estarán dotadas de encauzadores antidesprendimientos de objetos por rebose de materiales. Bajo las cintas, en todo su recorrido, se instalarán bandejas de recogida de objetos desprendidos.

Los compresores serán de los llamados “silenciosos” en la intención de disminuir el nivel de ruido. La zona dedicada para la ubicación del compresor quedará acordonada en un radio de 4 m.

Las mangueras estarán en perfectas condiciones de uso, es decir, sin grietas ni desgastes que puedan producir un reventón.

Cada tajo con martillos neumáticos, estará trabajado por dos cuadrillas que se turnarán cada hora, en prevención de lesiones por permanencia continuada recibiendo vibraciones.

Los piones mecánicos se guiarán avanzando frontalmente, evitando los desplazamientos laterales. Para realizar estas tareas se utilizará faja elástica de

protección de cintura, muñequeras bien ajustadas, botas de seguridad, cascos antiruido y una mascarilla con filtro mecánico recambiable.

#### 1.4.3.2.5. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LA MAQUINARIA HERRAMIENTA

Las máquinas-herramienta estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento y sus motores eléctricos estarán protegidos por la carcasa.

Las que tengan capacidad de corte tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.

Las que se utilicen en ambientes inflamables o explosivos estarán protegidas mediante carcasas antideflagrantes. Se prohíbe la utilización de máquinas accionadas mediante combustibles líquidos en lugares cerrados o de ventilación insuficiente.

Se prohíbe trabajar sobre lugares encharcados, para evitar los riesgos de caídas y los eléctricos.

Para todas las tareas se dispondrá una iluminación adecuada, en torno a 100 lux.

En prevención de los riesgos por inhalación de polvo, se utilizarán en vía húmeda las herramientas que lo produzcan.

Las mesas de sierra circular, cortadoras de material cerámico y sierras de disco manual no se ubicarán a distancias inferiores a tres metros del borde de los forjados, con la excepción de los que estén claramente protegidos (redes o barandillas, petos de remate, etc.).

Bajo ningún concepto se retirará la protección del disco de corte, utilizándose en todo momento gafas de seguridad antiproyección de partículas. Como normal general, se deberán extraerlos clavos o partes metálicas hincadas en el elemento a cortar.

Con las pistolas fija-clavos no se realizarán disparos inclinados, se deberá verificar que no hay nadie al otro lado del objeto sobre el que se dispara, se evitará clavar sobre

fábricas de ladrillo hueco y se asegurará el equilibrio de la persona antes de efectuar el disparo.

Para la utilización de los taladros portátiles y rozadoras eléctricas se elegirán siempre las brocas y discos adecuados al material a taladrar, se evitará realizar taladros en una sola maniobra y taladros o rozaduras inclinadas a pulso y se tratará no recalentar las brocas y discos.

En las tareas de soldadura por arco eléctrico se utilizará yelmo del soldar o pantalla de mano, no se mirará directamente al arco voltaico, no se tocarán las piezas recientemente soldadas, se soldará en un lugar ventilado, se verificará la inexistencia de personas en el entorno vertical de puesto de trabajo, no se dejará directamente la pinza en el suelo o sobre la perfilería, se escogerá el electrodo adecuada para el cordón a ejecutar y se suspenderán los trabajos de soldadura con vientos superiores a 60 km/h y a la intemperie con régimen de lluvias.

En la soldadura oxiacetilénica (oxicorte) no se mezclarán botellas de gases distintos, éstas se transportarán sobre bateas enjauladas en posición vertical y atadas, no se ubicarán al sol ni en posición inclinada y los mecheros estarán dotados de válvulas antirretroceso de la llama. Si se desprenden pinturas se trabajará con mascarilla protectora y se hará al aire libre o en un local ventilado.

#### 1.4.4. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

##### 1.4.4.1. INTRODUCCIÓN

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la seguridad y la salud en las obras de construcción.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, entendiendo como tales cualesquiera obras, pública o privada, en la que se efectúen trabajos de construcción o ingeniería civil.

La obra en proyecto se encuentra incluida en el Anexo I de dicha legislación, con la clasificación a) Excavación, b) Movimiento de tierras, c) Construcción, e) Acondicionamiento o instalación, k) Mantenimiento y l) Trabajos de pintura y de limpieza.

Al tratarse de una obra con las siguientes condiciones:

- El presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto es inferior a 75 millones de pesetas.
- La duración estimada es inferior a 30 días laborables, no utilizándose en ningún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- El volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, es inferior a 500.

Por todo lo indicado, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud.

Caso de superarse alguna de las condiciones citadas anteriormente deberá realizarse un estudio completo de seguridad y salud.

#### 1.4.4.2. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

##### 1.4.4.2.1. RIESGOS MAS FRECUENTES EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

Los Oficios más comunes en la obra en proyecto son los siguientes:

- Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.
- Relleno de tierras.
- Encofrados.
- Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.
- Trabajos de manipulación del hormigón.
- Montaje de estructura metálica
- Montaje de prefabricados.
- Albañilería.
- Instalación eléctrica definitiva y provisional de obra.

Los riesgos más frecuentes durante estos oficios son los descritos a continuación:

- Deslizamientos, desprendimientos de tierras por diferentes motivos (no emplear el talud adecuado, por variación de la humedad del terreno, etc.).
- Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramienta y maquinaria pesada en general.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.
- Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.
- Los derivados de los trabajos pulverulentos.
- Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos, etc.).
- Desprendimientos por mal apilado de la madera, planchas metálicas, etc.

- Cortes y heridas en manos y pies, aplastamientos, tropiezos y torceduras al caminar sobre las armaduras.
- Hundimientos, rotura o reventón de encofrados, fallos de entibaciones.
- Contactos con la energía eléctrica (directos e indirectos), electrocuciones, quemaduras, etc.
- Cuerpos extraños en los ojos, etc.
- Agresión por ruido y vibraciones en todo el cuerpo.
- Microclima laboral (frío-calor), agresión por radiación ultravioleta, infrarroja.
- Agresión mecánica por proyección de partículas.
- Golpes.
- Cortes por objetos y/o herramientas.
- Incendio y explosiones.
- Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.
- Carga de trabajo física.
- Deficiente iluminación.
- Efecto psico-fisiológico de horarios y turno.

#### 1.4.4.2.2. MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER GENERAL

Se establecerán a lo largo de la obra letreros divulgativos y señalización de los riesgos (vuelco, atropello, colisión, caída en altura, corriente eléctrica, peligro de incendio, materiales inflamables, prohibido fumar, etc.), así como las medidas preventivas previstas (uso obligatorio del casco, uso obligatorio de las botas de seguridad, uso obligatorio de guantes, uso obligatorio de cinturón de seguridad, etc.).

Se habilitarán zonas o estancias para el acopio de material y útiles (ferralla, perfilería metálica, piezas prefabricadas, material eléctrico, etc.).

Se procurará que los trabajos se realicen en superficies secas y limpias, utilizando los elementos de protección personal, fundamentalmente calzado antideslizante reforzado

para protección de golpes en los pies, casco de protección para la cabeza y cinturón de seguridad.

El transporte aéreo de materiales y útiles se hará suspendiéndolos desde dos puntos mediante eslingas, y se guiarán por tres operarios, dos de ellos guiarán la carga y el tercero ordenará las maniobras.

El transporte de elementos pesados se hará sobre carretilla de mano y así evitar sobreesfuerzos.

Los andamios sobre borriquetas, para trabajos en altura, tendrán siempre plataformas de trabajo de anchura no inferior a 60 cm (3 tablones trabados entre sí), prohibiéndose la formación de andamios mediante bidones, cajas de materiales, bañeras, etc.

Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

La distribución de máquinas, equipos y materiales en los locales de trabajo será la adecuada, delimitando las zonas de operación y paso, los espacios destinados a puestos de trabajo, las separaciones entre máquinas y equipos, etc.

El área de trabajo estará al alcance normal de la mano, sin necesidad de ejecutar movimientos forzados.

Se vigilarán los esfuerzos de torsión o de flexión del tronco, sobre todo si el cuerpo está en posición inestable.

Se evitarán las distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte, así como un ritmo demasiado alto de trabajo.

Se tratará que la carga y su volumen permitan asirla con facilidad.

Se recomienda evitar los barrizales, en prevención de accidentes.

Se debe seleccionar la herramienta correcta para el trabajo a realizar, manteniéndola en buen estado y uso correcto de ésta. Después de realizar las tareas, se guardarán en lugar seguro.

La iluminación para desarrollar los oficios convenientemente oscilará en torno a los 100 lux.

Es conveniente que los vestidos estén configurados en varias capas al comprender entre ellas cantidades de aire que mejoran el aislamiento al frío. Empleo de guantes, botas y orejeras.

Se resguardará al trabajador de vientos mediante apantallamientos y se evitará que la ropa de trabajo se empape de líquidos evaporables.

Si el trabajador sufriese estrés térmico se deben modificar las condiciones de trabajo, con el fin de disminuir su esfuerzo físico, mejorar la circulación de aire, apantallar el calor por radiación, dotar al trabajador de vestimenta adecuada (sombrero, gafas de sol, cremas y lociones solares), vigilar que la ingesta de agua tenga cantidades moderadas de sal y establecer descansos de recuperación si las soluciones anteriores no son suficientes.

El aporte alimentario calórico debe ser suficiente para compensar el gasto derivado de la actividad y de las contracciones musculares.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada a las condiciones de humedad y resistencia de tierra de la instalación provisional).

Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.

#### 1.4.4.2.3. MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER PARTICULAR PARA CADA OFICIO

##### Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.

- Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.
- Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación, para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno, señalizándose además mediante una línea esta distancia de seguridad.
- Se eliminarán todos los bolos o viseras de los frentes de la excavación que por su situación ofrezcan el riesgo de desprendimiento.
- La maquinaria estará dotada de peldaños y asidero para subir o bajar de la cabina de control. No se utilizará como apoyo para subir a la cabina las llantas, cubiertas, cadenas y guardabarros.
- Los desplazamientos por el interior de la obra se realizarán por caminos señalizados
- Se utilizarán redes tensas o mallazo electrosoldado situadas sobre los taludes, con un solape mínimo de 2 m.
- La circulación de los vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de la excavación no superior a los 3 m. para vehículos ligeros y de 4 m para pesados.
- El acceso y salida de los pozos y zanjas se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en la parte superior del pozo, que estará provista de zapatas antideslizantes.
- Cuando la profundidad del pozo sea igual o superior a 1,5 m., se entibará (o encamisará) el perímetro en prevención de derrumbamientos.

- Se efectuará el achique inmediato de las aguas que afloran (o caen) en el interior de las zanjas, para evitar que se altere la estabilidad de los taludes.
- En presencia de líneas eléctricas en servicio se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:
- Se procederá a solicitar de la compañía propietaria de la línea eléctrica el corte de fluido y puesta a tierra de los cables, antes de realizar los trabajos
- La línea eléctrica que afecta a la obra será desviada de su actual trazado al límite marcado en los planos.
- La distancia de seguridad con respecto a las líneas eléctricas que cruzan la obra, queda fijada en 5 m., en zonas accesibles durante la construcción.
- Se prohíbe la utilización de cualquier calzado que no sea aislante de la electricidad en proximidad con la línea eléctrica.

#### Relleno de tierras.

- Se prohíbe el transporte de personal fuera de la cabina de conducción y/o en número superior a los asientos existentes en el interior.
- Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar las polvaredas. Especialmente si se debe conducir por vías públicas, calles y carreteras.
- Se instalará, en el borde de los terraplenes de vertido, sólidos topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso.
- Se prohíbe la permanencia de personas en un radio no inferior a los 5 m. en torno a las compactadoras y apisonadoras en funcionamiento.

- Los vehículos de compactación y apisonado, irán provistos de cabina de seguridad de protección en caso de vuelco.

#### Montaje de elementos metálicos.

- Los elementos metálicos (báculos, postes, etc.) se apilarán ordenadamente sobre durmientes de madera de soporte de cargas, estableciendo capas hasta una altura no superior al 1'50 m.
- Las operaciones de soldadura en altura, se realizarán desde el interior de una guindola de soldador, provista de una barandilla perimetral de 1 m. de altura formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié. El soldador, además, amarrará el mosquetón del cinturón a un cable de seguridad, o a argollas soldada a tal efecto en la perfilería
- Se prohíbe la permanencia de operarios dentro del radio de acción de cargas suspendidas.
- Se prohíbe la permanencia de operarios directamente bajo tajos de soldadura.
- El ascenso o descenso, se realizará mediante una escalera de mano provista de zapatas antideslizantes y ganchos de cuelgue e inmovilidad dispuestos de tal forma que sobrepase la escalera 1 m. la altura de desembarco.
- El riesgo de caída al vacío se cubrirá mediante la utilización de redes de horca (o de bandeja).

#### Montaje de prefabricados.

El riesgo de caída desde altura, se evitará realizando los trabajos de recepción e instalación del prefabricado desde el interior de una plataforma de trabajo rodeada de barandillas de 90 cm., de altura, formadas por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm., sobre andamios (metálicos, tubulares de borriquetas).

- Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas en prevención del riesgo de desplome.

- Los prefabricados se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes dispuestos por capas de tal forma que no dañen los elementos de enganche para su izado.
- Se paralizará la labor de instalación de los prefabricados bajo régimen de vientos superiores a 60 Km/h.

#### Instalación eléctrica provisional de obra.

El montaje de aparatos eléctricos será ejecutado por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.

- El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar.
- Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos.
- La distribución general desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios, se efectuará mediante manguera eléctrica antihumedad.
- El tendido de los cables y mangueras, se efectuará a una altura mínima de 2

m. en los lugares peatonales y de 5 m. en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.

- Los empalmes provisionales entre mangueras, se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad.
- Las mangueras de "alargadera" por ser provisionales y de corta estancia pueden llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales.
- Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.
- Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.
- Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a "pies derechos" firmes.

- Las maniobras a ejecutar en el cuadro eléctrico general se efectuarán subido a una banqueta de maniobra o alfombrilla aislante.
- Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie.
- La tensión siempre estará en la clavija "hembra", nunca en la "macho", para evitar los contactos eléctricos directos.
- Los interruptores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:
  - 300 mA. Alimentación a la maquinaria.
  - 30 mA. Alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad.
  - 30 mA. Para las instalaciones eléctricas de alumbrado.
- Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.
- El neutro de la instalación estará puesto a tierra.
- La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.

El hilo de toma de tierra siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos.

#### 1.4.4.2.4. MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA TRABAJOS EN LA PROXIMIDAD DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN ALTA TENSIÓN

Los Oficios más comunes en las instalaciones de alta tensión son los siguientes.

- Instalación de apoyos metálicos o de hormigón.
- Instalación de conductores desnudos.
- Instalación de aisladores cerámicos.
- Instalación de crucetas metálicas.
- Instalación de aparatos de seccionamiento y corte (interruptores, seccionadores, fusibles, etc.).

- Instalación de limitadores de sobretensión (autoválvulas pararrayos).
- Instalación de transformadores tipo intemperie sobre apoyos.
- Instalación de dispositivos antivibraciones.
- Medida de altura de conductores.
- Detección de partes en tensión.
- Instalación de conductores aislados en zanjas o galerías.
- Instalación de envolventes prefabricadas de hormigón.
- Instalación de celdas eléctricas (seccionamiento, protección, medida, etc.).
- Instalación de transformadores en envolventes prefabricadas a nivel del terreno.
- Instalación de cuadros eléctricos y salidas en B.T.
- Interconexión entre elementos.
- Conexión y desconexión de líneas o equipos.
- Puestas a tierra y conexiones equipotenciales.

Las Medidas Preventivas de carácter general se describen a continuación.

- Se realizará un diseño seguro y viable por parte del técnico proyectista.
- Los trabajadores recibirán una formación específica referente a los riesgos en alta tensión.
- Para evitar el riesgo de contacto eléctrico se alejarán las partes activas de la instalación a distancia suficiente del lugar donde las personas habitualmente se encuentran o circulan, se recubrirán las partes activas con aislamiento apropiado, de tal forma que conserven sus propiedades indefinidamente y que limiten la corriente de contacto a un

valor inocuo (1 mA) y se interpondrán obstáculos aislantes de forma segura que impidan todo contacto accidental.

- La distancia de seguridad para líneas eléctricas aéreas de alta tensión y los distintos elementos, como maquinaria, grúas, etc. no será inferior a 3 m. Respecto a las edificaciones no será inferior a 5 m.
- Conviene determinar con la suficiente antelación, al comenzar los trabajos o en la utilización de maquinaria móvil de gran altura, si existe el riesgo derivado de la proximidad de líneas eléctricas aéreas. Se indicarán dispositivos que limiten o indiquen la altura.
- Todos los apoyos, herrajes, autoválvulas, seccionadores de puesta a tierra y elementos metálicos en general estarán conectados a tierra, con el fin de evitar las tensiones de paso y de contacto sobre el cuerpo humano. La puesta a tierra del neutro de los transformadores será independiente de la especificada para herrajes. Ambas serán motivo de estudio en la fase de proyecto.
- Es aconsejable que en centros de transformación el pavimento sea de hormigón ruleteado antideslizante y se ubique una capa de grava alrededor de ellos (en ambos casos se mejoran las tensiones de paso y de contacto).
- En centros de transformación tipo intemperie se revestirán los apoyos con obra de fábrica y mortero de hormigón hasta una altura de 2 m y se aislarán las empuñaduras de los mandos.
- En centros de transformación interiores o prefabricados se colocarán suelos de láminas aislantes sobre el acabado de hormigón.
- Las pantallas de protección contra contacto de las celdas, aparte de esta función, deben evitar posibles proyecciones de líquidos o gases en caso de explosión, para lo cual deberán ser de chapa y no de malla.
- Los mandos de los interruptores, seccionadores, etc., deben estar emplazados en lugares de fácil manipulación, evitándose postura forzadas para el operador, teniendo en cuenta que éste lo hará desde el banquillo aislante.

- Se realizarán enclavamientos mecánicos en las celdas, de puerta (se impide su apertura cuando el aparato principal está cerrado o la puesta a tierra desconectada), de maniobra (impide la maniobra del aparato principal y puesta a tierra con la puerta abierta), de puesta a tierra (impide el cierre de la puesta a tierra con el interruptor cerrado o viceversa), entre el seccionador y el interruptor (no se cierra el interruptor si el seccionador está abierto y conectado a tierra y no se abrirá el seccionador si el interruptor está cerrado) y enclavamiento del mando por candado.
- Como recomendación, en las celdas se instalarán detectores de presencia de tensión y mallas protectoras quitamiedos para comprobación con pértiga.
- En las celdas de transformador se utilizará una ventilación optimizada de mayor eficacia situando la salida de aire caliente en la parte superior de los paneles verticales. La dirección del flujo de aire será obligada a través del transformador.
- El alumbrado de emergencia no estará concebido para trabajar en ningún centro de transformación, sólo para efectuar maniobras de rutina.
- Los centros de transformación estarán dotados de cerradura con llave que impida el acceso a personas ajenas a la explotación.
- Las maniobras en alta tensión se realizarán, por elemental que puedan ser, por un operador y su ayudante. Deben estar advertidos que los seccionadores no pueden ser maniobrados en carga. Antes de la entrada en un recinto en tensión deberán comprobar la ausencia de tensión mediante pértiga adecuada y de forma visible la apertura de un elemento de corte y la puesta a tierra y en cortocircuito del sistema. Para realizar todas las maniobras será obligatorio el uso de, al menos y a la vez, dos elementos de protección personal: pértiga, guantes y banqueta o alfombra aislante, conexión equipotencial del mando manual del aparato y plataforma de maniobras.
- Se colocarán señales de seguridad adecuadas, delimitando la zona de trabajo.

#### 1.4.4.3. DISPOSICIONES ESPECIFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor designará un coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, que será un técnico competente integrado en la dirección facultativa.

Cuando no sea necesaria la designación de coordinador, las funciones de éste serán asumidas por la dirección facultativa.

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, cada contratista elaborará un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio desarrollado en el proyecto, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

Antes del comienzo de los trabajos, el promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente.

#### 1.4.5. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

##### 1.4.5.1. INTRODUCCIÓN

La ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Así son las normas de desarrollo reglamentario las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores.

Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual que los protejan adecuadamente de aquellos riesgos para su salud o su seguridad que no puedan evitarse o limitarse suficientemente mediante la utilización de medios de protección colectiva o la adopción de medidas de organización en el trabajo

#### 1.4.5.2. OBLIGACIONES GENERALES DEL EMPRESARIO

Hará obligatorio el uso de los equipos de protección individual que a continuación se desarrollan.

##### 1.4.5.2.1. PROTECTORES DE LA CABEZA

Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados para baja tensión, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques, impactos y contactos eléctricos.

- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.
- Gafas de montura universal contra impactos y antipolvo.
- Mascarilla antipolvo con filtros protectores.
- Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica

##### 1.4.5.2.2. PROTECCIONES DE MANOS Y BRAZOS

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).
- Guantes de goma finos, para operarios que trabajen con hormigón
- Guantes dieléctricos para B.T.
- Guantes de soldador.
- Muñequeras.
- Mango aislante de protección en las herramientas.

##### 1.4.5.2.3. PROTECTORES DE PIES Y PIERNAS

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.
- Botas dieléctricas para B.T.
- Botas de protección impermeables.
- Polainas de soldador.
- Rodilleras.

#### 1.4.5.2.4. PROTECTORES DEL CUERPO

- Crema de protección y pomadas.
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.
- Traje impermeable de trabajo.
- Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clase A.
- Fajas y cinturones antivibraciones.
- Pértiga de B.T.
- Banqueta aislante clase I para maniobra de B.T.
- Linterna individual de situación.
- Comprobador de tensión.

#### 1.4.5.2.5. EQUIPOS ADICIONALES DE PROTECCIÓN PARA TRABAJOS EN LA PROXIMIDAD DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN

- Casco de protección aislante clase E-AT.
- Guantes aislantes clase IV.
- Banqueta aislante de maniobra clase II-B o alfombra aislante para A.T.
- Pértiga detectora de tensión (salvamento y maniobra).
- Traje de protección de menos de 3 kg, bien ajustado al cuerpo y sin piezas descubiertas eléctricamente conductoras de la electricidad.
- Gafas de protección.
- Insuflador boca a boca.
- Tierra auxiliar.
- Esquema unifilar
- Placa de primeros auxilios.
- Placas de peligro de muerte y E.T

## **2. PLANOS**

- 2.1. SITUACIÓN
- 2.2. EMPLAZAMIENTO
- 2.3. PLANTA GENERAL
- 2.4. LSMT, CS Y CT
- 2.5. ARQUETA DE MEDIA TENSIÓN
- 2.6. CENTRO DE SECCIONAMIENTO
- 2.7. UNIFILAR Y ACERA PERIMETRAL CENTRO DE SECCIONAMIENTO
- 2.8. TIERRAS CENTRO DE SECCIONAMIENTO
- 2.9. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
- 2.10. UNIFILAR Y ACERA PERIMETRAL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
- 2.11. TIERRAS CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
- 2.12. LÍNEAS DE BAJA TENSIÓN
- 2.13. UNIFILAR BAJA TENSIÓN
- 2.14. TIERRAS BAJA TENSIÓN
- 2.15. TRAZADO DE ZANJAS
- 2.16. PERFIL DE ZANJAS
- 2.17. DETALLES CARGADORES
- 2.18. DETALLE ALUMBRADO