



Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales
etsii UPCT

DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN Y CENTROS DE TRANSFORMACIÓN PARA UNA URBANIZACIÓN DE VIVIENDAS.

Titulación: I.T.I. Electricidad

Alumno/a: José Luis Cárcelos Arnau

Director/a/s: Alfredo Conesa Tejerina

Cartagena, Septiembre de 2014

1.- MEMORIA.

1. Objeto del proyecto.
2. Titulares de la instalación; al inicio y al final.
3. Usuario de la instalación.
4. Emplazamiento de la instalación.
5. Descripción genérica de las instalaciones, uso y potencia.
6. Legislación y normativa aplicable.
7. Plazo de ejecución de las instalaciones.
8. Descripción de las instalaciones.
 - 8.1. Trazado BT.
 - 8.1.1. Longitud.
 - 8.1.2. Cruzamientos, paralelismos, etc.
 - 8.1.2. Relación de propietarios afectados con dirección y D.N.I.
 - 8.2. Puesta a tierra.
 - 8.3. Trazado MT
 - 8.3.1. Puntos de entronque y final de línea.
 - 8.3.2. Longitud.
 - 8.3.3. Términos municipales afectados.
 - 8.3.4. Relación de cruzamientos, paralelismos, etc.
 - 8.3.5. Relación de propietarios afectados, con dirección y D.N.I.
 - 8.4. Entronque aéreo subterráneo.
 - 8.5. Materiales:
 - 8.5.1. Conductores y aislamientos.
 - 8.5.2. Accesorios.
 - 8.5.3. Protecciones eléctricas de principio y fin de línea.
 - 8.6. Zanjas, sistemas de enterramiento y medidas de señalización.
 - 8.7. Puesta a tierra.
 - 8.8. Local del CT.
 - 8.8.1. Características de los materiales.
 - 8.8.2. Cimentación.
 - 8.8.3. Solera y pavimento.
 - 8.8.4. Cerramientos exteriores.
 - 8.8.5. Tabiquería interior.
 - 8.8.6. Cubiertas.
 - 8.8.7. Forjados y cubiertas.
 - 8.8.8. Enlucidos y Pinturas.
 - 8.8.9. Varios.
 - 8.9. Instalación eléctrica.
 - 8.9.1. Características de la red de alimentación.
 - 8.9.2. Características de la aparamenta de alta tensión.
 - 8.9.2.1. Celda de entrada y salida.
 - 8.9.2.2. Celda de protección.
 - 8.9.2.3. Celda de medida.
 - 8.9.2.4. Celda del transformador.
 - 8.9.3. Características del material vario de alta tensión.
 - 8.9.3.1. Embarrado general.
 - 8.9.3.2. Piezas de conexión.
 - 8.9.3.3. Aisladores de apoyo.
 - 8.9.3.4. Aisladores de paso.
 - 8.10. Medida de la energía eléctrica.
 - 8.11. Puesta a tierra.

- 8.11.1. Tierra de protección.
- 8.11.2. Tierra de servicio.
- 8.12. Cuadro general de B.T. Justificación y diseño.
- 8.13. Instalaciones secundarias.
 - 8.13.1. Alumbrado.
 - 8.13.2. Baterías de condensadores (en su caso).
 - 8.13.3. Protección contra incendios.
 - 8.13.4. Ventilación.
 - 8.13.5. Medidas de seguridad.
- 9. Descripción de obra civil.

2.- CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.

1. Red de Baja Tensión.
 - 1.1. Centro de transformación 1.
 - 1.1.1 Anillo 1.
 - 1.1.1.1. Previsión de potencia.
 - 1.1.1.2. Intensidad.
 - 1.1.1.3. Caídas de tensión.
 - 1.1.2 Anillo 2.
 - 1.1.2.1. Previsión de potencia.
 - 1.1.2.2. Intensidad.
 - 1.1.2.3. Caídas de tensión.
 - 1.2. Centro de transformación 2.
 - 1.2.1 Anillo 1.
 - 1.2.1.1. Previsión de potencia.
 - 1.2.1.2. Intensidad.
 - 1.2.1.3. Caídas de tensión.
 - 1.2.2 Anillo 2.
 - 1.2.2.1. Previsión de potencia.
 - 1.2.2.2. Intensidad.
 - 1.2.2.3. Caídas de tensión.
 - 1.3. Centro de transformación 3.
 - 1.3.1 Anillo 1.
 - 1.3.1.1. Previsión de potencia.
 - 1.3.1.2. Intensidad.
 - 1.3.1.3. Caídas de tensión.
 - 1.3.2 Anillo 2.
 - 1.3.2.1. Previsión de potencia.
 - 1.3.2.2. Intensidad.
 - 1.3.2.3. Caídas de tensión.
 - 1.4. Centro de transformación 4.
 - 1.4.1 Anillo 1.
 - 1.4.1.1. Previsión de potencia.
 - 1.4.1.2. Intensidad.
 - 1.4.1.3. Caídas de tensión.
 - 1.4.2 Anillo 2.
 - 1.4.2.1. Previsión de potencia.
 - 1.4.2.2. Intensidad.
 - 1.4.2.3. Caídas de tensión.
 - 1.5. Centro de transformación 5.
 - 1.5.1 Anillo 1.
 - 1.5.1.1. Previsión de potencia.
 - 1.5.1.2. Intensidad.
 - 1.5.1.3. Caídas de tensión.
 - 1.5.2 Anillo 2.
 - 1.5.2.1. Previsión de potencia.
 - 1.5.2.2. Intensidad.
 - 1.5.2.3. Caídas de tensión.
 - 1.6. Centro de transformación 6.
 - 1.6.1 Anillo 1.
 - 1.6.1.1. Previsión de potencia.
 - 1.6.1.2. Intensidad.

- 1.6.1.3. Caídas de tensión.
- 1.6.2 Anillo 2.
 - 1.6.2.1. Previsión de potencia.
 - 1.6.2.2. Intensidad.
 - 1.6.2.3. Caídas de tensión.
- 1.7. Centro de transformación 7.
 - 1.7.1 Anillo 1.
 - 1.7.1.1. Previsión de potencia.
 - 1.7.1.2. Intensidad.
 - 1.7.1.3. Caídas de tensión.
 - 1.7.2 Anillo 2.
 - 1.7.2.1. Previsión de potencia.
 - 1.7.2.2. Intensidad.
 - 1.7.2.3. Caídas de tensión.
- 1.8. Centro de transformación 8.
 - 1.8.1 Anillo 1.
 - 1.8.1.1. Previsión de potencia.
 - 1.8.1.2. Intensidad.
 - 1.8.1.3. Caídas de tensión.
 - 1.8.2 Anillo 2.
 - 1.8.2.1. Previsión de potencia.
 - 1.8.2.2. Intensidad.
 - 1.8.2.3. Caídas de tensión.
- 1.9. Centro de transformación 9.
 - 1.9.1 Anillo 1.
 - 1.9.1.1. Previsión de potencia.
 - 1.9.1.2. Intensidad.
 - 1.9.1.3. Caídas de tensión.
 - 1.9.2 Anillo 2.
 - 1.9.2.1. Previsión de potencia.
 - 1.9.2.2. Intensidad.
 - 1.9.2.3. Caídas de tensión.
- 1.10. Centro de transformación 10.
 - 1.10.1 Anillo 1.
 - 1.10.1.1. Previsión de potencia.
 - 1.10.1.2. Intensidad.
 - 1.10.1.3. Caídas de tensión.
 - 1.10.2 Anillo 2.
 - 1.10.2.1. Previsión de potencia.
 - 1.10.2.2. Intensidad.
 - 1.10.2.3. Caídas de tensión.
- 1.11. Centro de transformación 11.
 - 1.11.1 Anillo 1.
 - 1.11.1.1. Previsión de potencia.
 - 1.11.1.2. Intensidad.
 - 1.11.1.3. Caídas de tensión.
 - 1.11.2 Anillo 2.
 - 1.11.2.1. Previsión de potencia.
 - 1.11.2.2. Intensidad.
 - 1.11.2.3. Caídas de tensión.
- 1.12. Centro de transformación 12.
 - 1.12.1 Anillo 1.

- 1.12.1.1. Previsión de potencia.
 - 1.12.1.2. Intensidad.
 - 1.12.1.3. Caídas de tensión.
 - 1.12.2 Anillo 2.
 - 1.12.2.1. Previsión de potencia.
 - 1.12.2.2. Intensidad.
 - 1.12.2.3. Caídas de tensión.
 - 1.13. Centro de transformación 13.
 - 1.13.1 Anillo 1.
 - 1.13.1.1. Previsión de potencia.
 - 1.13.1.2. Intensidad.
 - 1.13.1.3. Caídas de tensión.
 - 1.13.2 Anillo 2.
 - 1.13.2.1. Previsión de potencia.
 - 1.13.2.2. Intensidad.
 - 1.13.2.3. Caídas de tensión.
 - 1.14. Centro de transformación Reparto.
 - 1.14.1 Anillo 1.
 - 1.14.1.1. Previsión de potencia.
 - 1.14.1.2. Intensidad.
 - 1.14.1.3. Caídas de tensión.
 - 1.14.2 Anillo 2.
 - 1.14.2.1. Previsión de potencia.
 - 1.14.2.2. Intensidad.
 - 1.14.2.3. Caídas de tensión.
2. Cálculos de Media Tensión
- 2.1 Cálculo LAMT apoyo FL-Acometida
 - 2.2 Cálculos LSMT de Acometida-Centro reparto
 - 2.2.1 Características de la línea
 - 2.2.2 Criterio de calentamiento
 - 2.2.3 Criterio de cortocircuito
 - 2.2.4 Criterio de caída de tensión
 - 2.3 Cálculos LSMT de Centro de reparto-Centro abonado
 - 2.3.1 Características de la línea
 - 2.3.2 Criterio de calentamiento
 - 2.3.3 Criterio de cortocircuito
 - 2.3.4 Criterio de caída de tensión
 - 2.4 Cálculos Anillo MT
 - 2.4.1 Características de la línea
 - 2.4.2 Criterio de calentamiento
 - 2.4.3 Criterio de cortocircuito
 - 2.4.4 Criterio de caída de tensión
 - 2.5 Calculo Transformador Miniblock
 - 2.5.1 Intensidad de Media Tensión
 - 2.5.2 Intensidad de Baja Tensión
 - 2.5.3 Cortocircuitos
 - 2.5.3.1 Observaciones
 - 2.5.3.2 Calculo de las intensidades de cortocircuito
 - 2.5.3.3 Cortocircuito en el lado de Media Tensión
 - 2.5.3.4 Cortocircuito en el lado de Baja Tensión
 - 2.5.4 Dimensionado del embarrado

- 2.5.4.1 Comprobación por densidad de corriente
- 2.5.4.2 Comprobación por sollicitación electrodinámica
- 2.5.4.3 Comprobación por sollicitación térmica
- 2.5.5 Protección contra sobrecargas y cortocircuitos
- 2.5.6 Dimensionado de los puentes de MT
- 2.5.7 Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación
- 2.5.8 Dimensionado del pozo apagafuegos
- 2.5.9 Calculo de las instalaciones de puesta a tierra
 - 2.5.9.1 Investigación de las características del suelo
 - 2.5.9.2 Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto
 - 2.5.9.3 Diseño preliminar de la instalación de tierra
 - 2.5.9.4 Calculo de la resistencia del sistema de tierra
 - 2.5.9.5 Calculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación
 - 2.5.9.6 Calculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación
 - 2.5.9.7 Calculo de las tensiones aplicadas
 - 2.5.9.8 Investigación de las tensiones transferidas al exterior
 - 2.5.9.9 Corrección y ajuste del diseño inicial.
- 2.6 Calculo Transformador de reparto PFU-4
 - 2.6.1 Intensidad de Media Tensión.
 - 2.6.2 Intensidad de Baja Tensión.
 - 2.6.3 Cortocircuitos.
 - 2.6.3.1 Observaciones.
 - 2.6.3.2 Calculo de las intensidades de cortocircuito
 - 2.6.3.3 Cortocircuito en el lado de Media Tensión.
 - 2.6.3.4 Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.
 - 2.5.4 Dimensionado del embarrado.
 - 2.5.4.1 Comprobación por densidad de corriente
 - 2.5.4.2 Comprobación por sollicitación electrodinámica
 - 2.5.4.3 Comprobación por sollicitación térmica.
 - 2.6.5 Protección contra sobrecargas y cortocircuitos.
 - 2.6.6 Dimensionado de los puentes de MT
 - 2.6.7 Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación
 - 2.6.8 Dimensionado del pozo apagafuegos
 - 2.6.9 Calculo de las instalaciones de puesta a tierra
 - 2.6.9.1 Investigación de las características del suelo
 - 2.6.9.2 Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.
 - 2.6.9.3 Diseño preliminar de la instalación de tierra
 - 2.6.9.4 Cálculo de la resistencia del sistema de tierra
 - 2.6.9.5 Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación
 - 2.6.9.6 Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación
 - 2.6.9.7 Cálculo de las tensiones aplicadas
 - 2.6.9.8 Investigación de las tensiones transferibles al exterior
 - 2.6.9.9 Corrección y ajuste del diseño inicial.

3.- PLIEGO DE CONDICIONES.

1. Condiciones generales.
 - 1.1. Alcance.
 - 1.2. Reglamentos y normas.
 - 1.3. Reglamentos y normas.
 - 1.4. Ejecución de las obras.
 - 1.4.1. Comienzo
 - 1.4.2. Ejecución
 - 1.4.3. Libro de órdenes.
 - 1.5. Interpretación y desarrollo.
 - 1.6. Obras complementarias.
 - 1.7. Modificaciones.
 - 1.8. Obra defectuosa.
 - 1.9. Medidas auxiliares.
 - 1.10. Conservación de obras.
 - 1.11. Recepción de las obras.
 - 1.11.1. Recepción provisional.
 - 1.11.2. Plazo de garantía.
 - 1.12. Recepción de las obras.
 - 1.12.1 Modo de contratación.
 - 1.12.2 Presentación.
 - 1.12.3. Selección.
 - 1.13. Fianza.
 - 1.14. Condiciones económicas.
 - 1.14.1. Precios.
 - 1.14.2. Revisión de precios.
 - 1.14.3. Penalizaciones.
 - 1.14.4. Contrato.
 - 1.14.5. Responsabilidades.
 - 1.14.6. rescisión de contrato.
 - 1.14.7. liquidación.
 - 1.15. Condiciones facultativas.
 - 1.15.1. Normas a seguir.
 - 1.15.2. Personal.
2. Pliego de condiciones de la red de baja tensión.
 - 2.1. Calidad de los materiales. Condiciones y ejecución.
 - 2.1.1. Conductores: tendido, empalmes, terminales, cruces y protecciones.
 - 2.1.2. Accesorios.
 - 2.1.3. Medidas eléctricas.
 - 2.1.4. Obra civil.
 - 2.1.5. Zanjas: ejecución, tendido, cruzamientos, señalización y acabado
 - 2.2. Normas generales para la ejecución de instalaciones.
 - 2.3. Revisiones y pruebas reglamentarias al finalizar la obra.
 - 2.4. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.
 - 2.5. Revisiones, inspecciones y pruebas periódicas reglamentarias a efectuar por parte de instaladores, de mantenedores y órganos de control.
3. Líneas aéreas de media tensión.
 - 3.1. Materiales.

- 3.2. Conductores.
 - 3.3. Crucetas.
 - 3.4. Aislamientos y herrajes.
 - 3.5. Empalmes, conexiones y retenciones.
 - 3.6. Aparellaje de maniobra y protección.
 - 3.7. Puesta a tierra.
 - 3.8. Apoyos.
 - 3.8.1. Transporte y acopio de los apoyos.
 - 3.5.2. Armado e izado.
 - 3.5.3. Peana.
 - 3.9. Tendido, tensado y retencionado.
 - 3.10. Montajes diversos.
 - 3.10.1. juegos trifásicos de cortocircuitos fusibles unipolares para accionamiento por pértiga.
 - 3.10.2. Seccionador trifásico con accionamiento por mando desde la base del apoyo.
 - 1.10.3. Numeración de apoyos y colocación de placas de aviso de peligro electrico.
 - 3.10.4. Cerramientos exteriores.
 - 3.11. Tolerancia de ejecución.
4. Líneas subterráneas de media tensión.
- 4.1. Calidad de los materiales .condiciones y ejecución.
 - 4.1.1. Cables aislados de media tensión.
 - 4.2. Tendido, empalmes, terminales, protecciones, crucetas y paralelismos.
 - 4.2.1. Tendido.
 - 4.2.2. Terminales y empalmes.
 - 4.2.3. Protecciones.
 - 4.2.4. Cruzamientos y paralelismos
 - 4.3. Accesorios.
 - 4.4. Obra civil.
 - 4.4.1. Materiales.
 - 4.5. Zanjas, ejecución, tendido, cruzamientos, paralelismos, señalización y acabado.
 - 4.6. Normas generales para la ejecución de las instalaciones.
5. Centros de transformación.
- 5.1. Calidad de los materiales.
 - 5.1.1. Obra civil.
 - 5.1.2. Aparamenta de media tensión.
 - 5.1.3. Transformador de potencia.
 - 5.1.4. Equipos de media.
 - 5.2. Normas de ejecución de las instalaciones.
 - 5.3. Pruebas reglamentarias.
 - 4.4. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.
 - 5.5. Certificados y documentación.
 - 5.6. Libro de ordenes.

ANEXO I
ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD. LINEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN.

1. Objeto
2. Características generales de la obra.
 - 2.1. Descripción de la obra y situación.
 - 2.2. Suministro de energía eléctrica.
 - 2.3. Suministro de agua potable.
 - 2.4. Servicios higiénicos.
 - 2.5. Servidumbre y condicionantes.
3. Riesgos laborables evitables completamente.
4. Riesgos laborables no eliminables completamente.
 - 4.1. Toda la obra.
 - 4.2. Movimientos de tierras.
 - 4.3. Montaje y puesta en tensión
 - 4.3.1. Descarga y montaje de elementos prefabricados.
 - 4.3.2. Puesta en tensión.
5. Trabajos laborables especiales.
6. Instalaciones provisionales y asistencia sanitaria.
7. Previsiones para trabajos posteriores.
8. Normas de seguridad aplicables en la obra.

ANEXOII
ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD. LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN.

1. Objeto.
2. Características generales de la obra.
 - 2.1. Descripción de la obra y situación.
 - 2.2. Suministro de energía eléctrica.
 - 2.3. Suministro de agua potable.
 - 2.4. Servicios higiénicos.
 - 2.5. Servidumbre y condicionantes.
3. Riesgos laborables evitables completamente.
4. Riesgos laborables no eliminables completamente.
 - 4.1. Toda la obra.
 - 4.2. Movimientos de tierras.
 - 4.3. Montaje y puesta en tensión.
 - 4.3.1. Descarga y montaje de elementos prefabricados.
 - 4.3.2. Puesta en tensión.
5. Trabajos laborables especiales.
6. Instalaciones provisionales y asistencia sanitaria.
7. Previsiones para trabajos posteriores.
8. Normas de seguridad aplicables en la obra.

ANEXO III ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

1. Objeto.
2. Características generales de la obra.
 - 2.1. Descripción de la obra y situación.
 - 2.2. Suministro de energía eléctrica.
 - 2.3. Suministro de agua potable.
 - 2.4. Vertido de aguas sucias de los servicios higiénicos.
 - 2.5. Interferencias y servicios afectados.
3. Riesgos laborables.
 - 3.1. Obra civil.
 - 3.2.- Montaje.
4. Aspectos generales.
5. Botiquín de obra.
6. Normativa aplicable.

4.- PRESUPUESTO.

1. Presupuesto Red Media Tensión.
2. Presupuesto Red Baja Tensión.
3. Presupuesto centro de transformación y reparto.
4. Presupuesto centro de transformación y Miniblock.
5. Presupuesto Total.

Memoria

1. Objeto del proyecto.

A petición de la Universidad Politécnica de Cartagena, por medio del Departamento de Ingeniería Eléctrica situado en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial el alumno Don Andrés José Pujante Calvo ejecutará el proyecto destinado a la dotación de suministro eléctrico a un polígono residencial del que menciona su situación y descripción en los siguientes capítulos.

El proyecto tiene por objeto dotar de las instalaciones necesarias, tales como, líneas eléctricas de media tensión, líneas eléctricas de baja tensión y centros de transformación para el suministro eléctrico de las viviendas tipo unifamiliar y colectivo, así como el equipamiento social, equipamiento educativo y zonas ajardinadas, a su vez deberá de estudiar las condiciones Técnicas y de Seguridad e Higiene de la instalación, así como describir las instalaciones a realizar, a fin de asegurar su buen funcionamiento y el cumplimiento de la reglamentación vigente. Así mismo, se pretende solicitar las correspondientes autorizaciones administrativas para la ejecución y posterior puesta en marcha de las instalaciones.

2. Titulares de la instalación; al inicio y al final.

El titular inicial de la instalación será el peticionario del proyecto, cuyos datos son los siguientes:

Titular inicial de la instalación: Universidad Politécnica de Cartagena.

Domicilio social: Plza. Del Cronista Isidoro Valverde. Edif. La Milagrosa.

C.P.:30202 Cartagena (Murcia).

CIF: No procede.

Teléfono: 968325400.

De acuerdo con lo que se establece en el vigente Real Decreto de acometidas eléctricas en su artículo 23 las instalaciones presentes en este proyecto pasaran a ser propiedad de la compañía suministradora siendo los datos del titular final de la instalación los siguientes:

Titular final de la instalación: Iberdrola distribución eléctrica. S.A.U.

Domicilio social: Avd. San Adrián, Nº 48. Bilbao.

CIF: A-95075578.

Teléfono: 968325400.

3. Usuario de la instalación.

Usuario de la instalación: Universidad Politécnica de Cartagena.

Domicilio social: Plza. Del Cronista Isidoro Valverde. Edif. La Milagrosa.

C.P.:30202 Cartagena (Murcia).

CIF: No procede.

Teléfono: 968325400. 8

4. Emplazamiento de la instalación.

El emplazamiento de la parcela del presente proyecto se encuentra ubicado en La Alberca, Término Municipal de Murcia, provincia de Murcia, se puede ver con más detalle en los planos de situación y emplazamiento que se adjuntan en los siguientes capítulos.

5. Descripción genérica de las instalaciones, uso y potencia.

Se efectuará un entronque aéreo-subterráneo para la alimentación de un centro de transformación y reparto, del cual partirá una línea de media tensión de 20 kv en anillo que alimentará a los distintos centros de transformación de tipo distribución de la instalación de nueva creación, además de alimentar un centro de transformación perteneciente a la alimentación de un centro comercial.

Para la alimentación de los abonados en baja tensión se proyectarán los anillos necesarios en baja tensión a 400 V desde los distintos centros de transformación para cubrir la demanda de potencia prevista que a continuación se describe. Los centros de transformación necesarios para el presente proyecto vienen dados por una serie de cálculos que serán dependientes de la potencia total de la instalación y que se muestran a continuación después de la correspondiente descripción de las potencias del proyecto.

La situación de los centros de transformación viene dada en los planos correspondientes que se adjuntan.

Previsión de potencias:

Denominación	Núm	Potencia Unitario	Potencia Total
Viviendas E.E.	307	9200W	2824,4kW
Viviendas E.B.	750	5750W	4312,5KW
Servicios Generales	73	7500W	547,5KW
Garajes	6	20W/m ²	439,68KW
Equipamiento Social	1	10W/m ²	10,61KW
Equipamiento Juvenil	1	5W/m ²	100,94KW
Jardines	6	100W/30m ²	88,78KW
Alumbrado de viales	3	20000W	60KW
		TOTAL	8384,41KW

Descripción detallada de la previsión de potencias para la instalación.

- 307 viviendas de electrificación elevada con una potencia por vivienda de 9,2 KW que en su conjunto aportan una potencia total de 2824,4 KW.
- 750 viviendas de electrificación básica con una potencia por vivienda de 5,75 KW que en su conjunto aportan una potencia total de 4312,5 KW.
- 73 servicios generales correspondientes a las 73 escaleras de edificios con una potencia unitaria estimada de 5,5 KW y que en su conjunto aportan una potencia total de 547,5 KW.
- Garaje de 219,84 m² (80% de la superficie total del edificio 1) con una potencia de 20 W/m² que aporta una potencia total de 439,68 KW.

- Equipamiento social con una superficie de 1061 m² y una potencia de 10 W/m² que aporta una potencia total de 10,61 KW.
- Equipamiento juvenil con una superficie de 20188 m² y una potencia de 5 W/m² que aporta una potencia total de 100,94 KW.
- Jardines con una superficie de 14796,6 m² y una luminaria Na-HP 100 W por cada 30 m² que son un total de 375 luminarias que aportan una potencia total de 67,93 KW.
- Alumbrado de viales dividido en tres sectores de 20 KW cada uno que aportan una potencia total de 60 KW.

Cálculo del número de centros de transformación:

$$P_{TOTAL} = 8384,41 \text{ KW.}$$

$$P_{PREVISTA} = C.S. \cdot P_{TOTAL}$$

Para zonas de viviendas y comercios se aplicará un coeficiente de simultaneidad de 0.4 según las normas particulares de Iberdrola para instalaciones de alta tensión MT 2.03.20.

$$P_{PREVISTA} = 0.4 \cdot 8384,41 = 3353,764 \text{ KW}$$

$$S = \frac{P_{prevista}}{\cos \varphi} = \frac{3353,764}{0,9} = 3726,40 \text{ KVA}$$

$$N^{\circ} \text{ de CT} = \frac{S}{P_{transformador}} = \frac{3726,40}{400} = 9,31 \approx 10 \text{ CT}$$

Para un correcto reparto de las cargas y un equilibrio mayor de la instalación vamos a proceder a instalar 14 centros de transformación debidamente situados.

6. Legislación y normativa aplicable.

En la redacción del presente proyecto se tendrán en cuenta las prescripciones de las siguientes Normas, Reglamentos e Instrucciones Complementarias correspondientes:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Real Decreto. 842/2002 de 02 de Agosto de 2002. B.O.E. N° 224 de 18 de Septiembre de 2002.
- Resolución de 4 de Noviembre de 2002 de la Dirección General de Industria, Energía y Minas por la que se desarrolla la Orden de 9 de septiembre de 2002 de la Consejería de Ciencia, Tecnología, Industria y Comercio, por la que se adoptan medidas de normalización en la tramitación de expedientes en materia de industria, energía y minas.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de Diciembre de 2000, que regula las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorizaciones de instalaciones de energía eléctrica.

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-LAT 01 – 09. Real Decreto 223/2008 de 15 de Febrero de 2008.
- Real Decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, así como las Órdenes de 6 de julio de 1984, de 18 de octubre de 1984 y de 27 de noviembre de 1987, por las que se aprueban y actualizan las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre dicho reglamento.
- Normas Particulares de Iberdrola, S.A.
- Normas UNE.
- Ley 21/1995 de 8 de Noviembre de 1995 de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de Julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de Mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Ordenanzas Municipales al respecto.

7. Plazo de ejecución de las instalaciones.

El plazo de ejecución de las instalaciones está estipulado en seis meses desde el comienzo de las obras.

8. Descripción de las instalaciones.

8.1. Trazado BT.

El presente proyecto consta de la realización de veintiséis anillos en baja tensión que se describen a continuación.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 1

Anillo 1.

Alimenta a las C.G.P.: 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

Anillo 2.

Alimenta a las C.G.P.: 1,2,3 y 4.

CENTRO DE TRNASFORMACIÓN 2.

Anillo 1.

Alimenta a las C.G.P.:garaje 20, Jardín 2, 1,2,3,4, 5, 6 y 7.

Anillo 2.

Alimenta a las C.G.P.: 1,2,3,4 y Jardín 1.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 3.

Anillo 1.

Alimenta a las C.G.P.: 1, 2, 3, 4 , Garaje 19.1 y Garaje 19.2.

Anillo 2.

Alimenta a las C.G.P.: 1,2,3,4, y 5.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 4.

Anillo 1.

Alimenta a las C.G.P.: Jardín 3, E.S, A.V, 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11 y 12.

Anillo 2.

Alimenta a las C.G.P.: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16 y 17.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 5

Anillo 1.

Alimenta a las C.G.P.: 1, 2, 3, 4 y 5.

Anillo 2.

Alimenta a las C.G.P.: 1,2,3,4, 5,6,7,8,9,10,11,12,13 y 14.

CENTRO DE TRNASFORMACIÓN 6.

Anillo 1.

Alimenta a las C.G.P.: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11 y 12.

Anillo 2.

Alimenta a las C.G.P.: 1,2,3,4 y 5.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 7.

Anillo 1.

Alimenta a las C.G.P.: 1, 2, 3, 4, 5,6,7,8,9,10,11,12 , A.V y Jardín 6.

Anillo 2.

Alimenta a las C.G.P.: 1,2,3,4, 5,6,7,8,9,10,11,E.J.1 y E.J2.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 8.

Anillo 1.

Alimenta a las C.G.P.: 1,2,3 y Garaje 8.

Anillo 2.

Alimenta a las C.G.P.: 1,2,3,4, 5 y jardín 4.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 9

Anillo 1.

Alimenta a las C.G.P.: 1, 2, 3, 4 ,5,6,7,8 y 9.

Anillo 2.

Alimenta a las C.G.P.: 1,2,3,4, 5 y 6.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 10.

Anillo 1.

Alimenta a las C.G.P.: 1,2,3,4, 5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18, 19 y 20.

Anillo 2.

Alimenta a las C.G.P.: 1,2,3,4 y garaje 9.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 11.

Anillo 1.

Alimenta a las C.G.P.: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 10.

Anillo 2.

Alimenta a las C.G.P.: 1,2,3, A.V y jardín 5.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 12.

Anillo 1.

Alimenta a las C.G.P.: 1,2,3,4 y Garaje 5.

Anillo 2.

Alimenta a las C.G.P.: 1,2,3,4 y 5.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 13.

Anillo 1.

Alimenta a las C.G.P.: 1,2,3,4 y Garaje 4.

Anillo 2.

Alimenta a las C.G.P.: 1,2,3,4, 5, 6, 7 y 8.

CENTRO DE REPARTO.

Anillo 1.

Alimenta a las C.G.P.: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18.

Anillo 2.

Alimenta a las C.G.P.: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13 y 14.

8.1.1. Longitud.

La longitud total de las líneas subterráneas de baja tensión a proyectar es de 3614,24 m aproximadamente.

A continuación se procederá a describir las longitudes por separado de cada uno de los anillos y de sus correspondientes ramas.

-CT1 Anillo 1 constituido por:

- Rama 1 con una longitud de 77,18 m.
- Rama 2 con una longitud de 111,17 m.

El CT1 anillo 1 tendrá una longitud total de 219,9 m.

-CT1 Anillo 2 constituido por:

- Rama 1 con una longitud de 64,8 m.
- Rama 2 con una longitud de 90,62 m.

El CT1 anillo 2 tendrá una longitud total de 178,87 m.

-CT2 Anillo 1 constituido por:

- Rama 1 con una longitud de 142 m.
- Rama 2 con una longitud de 213,94 m.

EL CT2 anillo 1 tendrá una longitud total de 304,45 m.

-CT2 Anillo 2 constituido por:

- Rama 1 con una longitud de 107,68 m.
- Rama 2 con una longitud de 76,73 m.

El CT2 anillo 2 tendrá una longitud total de 195,49 m.

-CT3 Anillo 1 constituido por:

- Rama 1 con una longitud de 77,27 m.
- Rama 2 con una longitud de 91,61 m.

El CT3 anillo 1 tendrá una longitud total de 182,37 m.

-CT3 Anillo 2 constituido por:

- Rama 1 con una longitud de 66,65 m.
- Rama 2 con una longitud de 65,25 m.

El CT3 anillo 2 tendrá una longitud total de 161,1m.

-CT4 Anillo 1 constituido por:

- Rama 1 con una longitud de 176,72 m.
- Rama 2 con una longitud de 181,55 m.

El CT4 anillo 1 tendrá una longitud total de 367,44 m.

-CT4 Anillo 2 constituido por:

- Rama 1 con una longitud de 164,52 m.
- Rama 2 con una longitud de 208,12 m.

El CT4 anillo 2 tendrá una longitud total de 372,64 m.

-CT5 Anillo 1 constituido por:

- Rama 1 con una longitud de 58,7 m.
- Rama 2 con una longitud de 51,82 m.

El CT5 anillo 1 tendrá una longitud total de 148m.

-CT5 Anillo 2 constituido por:

- Rama 1 con una longitud de 148,78m.
- Rama 2 con una longitud de 199,78m.

El CT5 anillo 2 tendrá una longitud total de 370,36 m.

-CT6 Anillo 1 constituido por:

- Rama 1 con una longitud de 211,77 m.
- Rama 2 con una longitud de 236,24m.

El CT6 anillo 1 tendrá una longitud total de 466,44 m.

- CT6 Anillo 2 constituido por:

- Rama 1 con una longitud de 45,73 m.
- Rama 2 con una longitud de 90,82m.

El CT6 anillo2 tendrá una longitud total de 136,55 m.

- CT7 Anillo 1 constituido por:

- Rama 1 con una longitud de 234,3 m.
- Rama 2 con una longitud de 190,74 m.

El CT7 anillo 1 tendrá una longitud total de 495,75m.

-CT7 Anillo 2 constituido por:

- Rama 1 con una longitud de 258,82 m.
- Rama 2 con una longitud de 335,47 m.

El CT7 anillo 2 tendrá una longitud total de 611,38m.

-CT8 Anillo 1 constituido por:

- Rama 1 con una longitud de 146,3 m.
- Rama 2 con una longitud de 161,26 m.

El CT8 anillo 1 tendrá una longitud total de 323 m.

-CT8 Anillo 2 constituido por:

- Rama 1 con una longitud de 61,91 m.
- Rama 2 con una longitud de 107,43 m.

El CT8 anillo 2 tendrá una longitud total de 213,06 m.

-CT9 Anillo 1 constituido por:

- Rama 1 con una longitud de 261,06 m.
- Rama 2 con una longitud de 333,92m.

EL CT9 anillo 1 tendrá una longitud total de 664,06m.

-CT9 Anillo 2 constituido por:

- Rama 1 con una longitud de 138,96 m.
- Rama 2 con una longitud de 155,09m.

El CT9 anillo 2 tendrá una longitud total de 307,17 m.

-CT10 Anillo 1 constituido por:

- Rama 1 con una longitud de 238,25 m.
- Rama 2 con una longitud de 246,48 m.

El CT10 anillo 1 tendrá una longitud total de 533,24 m.

-CT10 Anillo 2 constituido por:

- Rama 1 con una longitud de 52,82 m.
- Rama 2 con una longitud de 77,39m.

El CT10 anillo 2 tendrá una longitud total de 154,94 m.

-CT11 Anillo 1 constituido por:

- Rama 1 con una longitud de 194,3 m.
- Rama 2 con una longitud de 181,7 m.

El CT11 anillo 1 tendrá una longitud total de 426,37 m.

-CT11 Anillo 2 constituido por:

- Rama 1 con una longitud de 85,65 m.
- Rama 2 con una longitud de 133,65 m.

El CT11 anillo 2 tendrá una longitud total de 237,87 m.

-CT12 Anillo 1 constituido por:

- Rama 1 con una longitud de 20,32 m.
- Rama 2 con una longitud de 86,53m.

El CT12 anillo 1 tendrá una longitud total de 115,33 m.

-CT12 Anillo 2 constituido por:
· Rama 1 con una longitud de 107,65m.
· Rama 2 con una longitud de 139,04m.
El CT12 anillo 2 tendrá una longitud total de 276,67 m.

-CT13 Anillo 1 constituido por:
· Rama 1 con una longitud de 30,7 m.
· Rama 2 con una longitud de 56,46m.
El CT13 anillo 1 tendrá una longitud total de 98,36 m.

-CT13 Anillo 2 constituido por:
· Rama 1 con una longitud de 224,03m.
· Rama 2 con una longitud de 228,41m.
El CT13 anillo 2 tendrá una longitud total de 521,52m.

-CTR Anillo 1 constituido por:
· Rama 1 con una longitud de 337,65 m.
· Rama 2 con una longitud de 204,07m.
El CTR anillo 1 tendrá una longitud total de 541,72 m.

-CTR Anillo 2 constituido por:
· Rama 1 con una longitud de 143,44m.
· Rama 2 con una longitud de 240,65m.
El CTR anillo 2 tendrá una longitud total de 419,65m

8.1.2. Cruzamientos, paralelismos, etc.

Cruzamientos

A continuación se fijan, para cada uno de los casos indicados, las condiciones a que deben responder los cruzamientos de cables subterráneos de baja tensión directamente enterrados.

Calles y carreteras

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores conforme con lo establecido en la ITC-BT-21, recubiertos de hormigón en toda su longitud a una profundidad mínima de 0,80 m. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

Ferrocarriles

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores conforme con lo establecido en la ITC-BT-21, recubiertos de hormigón y siempre que sea posible, perpendiculares a la vía, y a una profundidad mínima de 1,3 m respecto a la cara inferior de la traviesa. Dichos tubos rebasarán las vías férreas en 1,5 m por cada extremo.

Otros cables de energía eléctrica

Siempre que sea posible, se procurará que los cables de baja tensión discurren por encima de los de alta tensión.

La distancia mínima entre un cable de baja tensión y otros cables de energía eléctrica será: 0,25 m con cables de alta tensión y 0,10 m con cables de baja tensión. La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2 de la ITC-BT-07 del reglamento electrotécnico de baja tensión.

Cables de telecomunicación

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0.20 m. La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2 de la ITC-BT-07 del reglamento electrotécnico de baja tensión.

Estas restricciones no se deben aplicar a los cables de fibra óptica con cubiertas dieléctricas. Todo tipo de protección en la cubierta del cable debe ser aislante.

Canalizaciones de agua y gas

Siempre que sea posible, los cables se instalarán por encima de las canalizaciones de agua.

La distancia mínima entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua o gas será de 0,20 m. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o gas, o de los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia superior a 1 m del cruce. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2 de la ITC-BT-07 del reglamento electrotécnico de baja tensión.

Conducciones de alcantarillado

Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado. No se admitirá incidir en su interior. Se admitirá incidir en su pared (por ejemplo, instalando tubos), siempre que se asegure que ésta no ha quedado debilitada. Si no es posible, se pasará por debajo, y los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas según lo prescrito en el apartado 2.1.2 de la ITC-BT-07 del reglamento electrotécnico de baja tensión.

Depósitos de carburante

Los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas según lo prescrito en el apartado 2.1.2 de la ITC-BT-07 del reglamento electrotécnico de baja tensión y distarán, como mínimo, 0,20 m del depósito. Los extremos de los tubos rebasarán al depósito, como mínimo 1,5 m por cada extremo.

Proximidad y paralelismos.

Los cables subterráneos de baja tensión directamente enterrados deberán cumplir las condiciones y distancias de proximidad que se indican a continuación, procurando evitar que queden en el mismo plano vertical que las demás conducciones.

Otros cables de energía eléctrica

Los cables de baja tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 0,10 m con los cables de baja tensión y 0,25 m con los cables de alta tensión. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2 de la ITC-BT-07 del reglamento electrotécnico de baja tensión.

En el caso de que un mismo propietario canalice a la vez varios cables de baja tensión, podrá instalarlos a menor distancia, incluso en contacto.

Cables de telecomunicación

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2 de la ITC-BT-07 del reglamento electrotécnico de baja tensión.

Canalizaciones de agua

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua será de 0,20 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2 de la ITC-BT-07 del reglamento electrotécnico de baja tensión.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal, y que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico.

Por otro lado, las arterias principales de agua se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

Canalizaciones de gas

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de gas será de 0,20 m, excepto para canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar), en que la distancia será de 0,40 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de gas será de 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias

en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2 de la ITC-BT-07 del reglamento electrotécnico de baja tensión.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal.

Por otro lado, las arterias importantes de gas se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

8.1.3. Relación de propietarios afectados con dirección y D.N.I.

No procede.

8.2. Puesta a tierra.

El conductor neutro de las redes subterráneas de distribución pública, se conectará a tierra en el centro de transformación en la forma prevista en el Reglamento Técnico de Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación; fuera del centro de transformación se conectará a tierra en otros puntos de la red, con objeto de disminuir su resistencia global a tierra, según Reglamento de Baja Tensión.

El neutro se conectará a tierra a lo largo de la red, en todas las cajas generales de protección o en las cajas de seccionamiento o en las cajas generales de protección medida, consistiendo dicha puesta a tierra en una pica, unida al borne del neutro mediante un conductor aislado de 50 mm² de Cu, como mínimo. El conductor neutro no podrá ser interrumpido en las redes de distribución.

8.3. Trazado MT

El trazado de media tensión constará de una línea de alimentación desde el punto de entronque, que se encuentra situado en una LSMT cercana que nos facilita la compañía, al centro de transformación y reparto, una línea que alimentará en punta a un centro de transformación de tipo abonado de facturación en alta tensión y de un anillo que unirán todos los centros de transformación de tipo compañía que conforman el presente proyecto.

La longitud total del trazado de MT del presente proyecto es de 1971,17 m aproximadamente.

8.3.1. Puntos de entronque y final de línea.

La conexión a la red de Iberdrola se realizará en el punto señalado en el plano de emplazamiento e indicado por Iberdrola en su carta de punto de conexión en la LSMT, el final de línea será en centro de transformación y reparto PFU-5, 20 KV, para la electrificación del presente proyecto.

La conexión a la red de Iberdrola se realizará mediante dos juegos de empalmes de aislamiento seco y se integrará en el anillo de Iberdrola colocando en cada centro de transformación dos celdas de línea.

8.3.2. Longitud.

A continuación se dará con detalle longitudes de las líneas de alimentación y el anillo de media tensión.

La longitud de la línea de alimentación desde el punto de conexión de Iberdrola al centro de transformación y reparto es de 310 m aproximadamente.

La longitud de la línea que alimenta en punta al centro de transformación de tipo abonado de facturación en alta tensión es de 400 m aproximadamente.

La longitud del anillo de media tensión que une los centros de transformación que proyectamos en este proyecto es de 1971,17 m aproximadamente.

8.3.3. Términos municipales afectados.

El término municipal afectado corresponde al M.I. Ayuntamiento de Cartagena.

8.3.4. Relación de cruzamientos, paralelismos, etc.

No procede

8.3.5. Relación de propietarios afectados, con dirección y D.N.I.

No procede.

8.4. Entronque aéreo-subterráneo.

La red de la cual alimenta el Centro de Transformación es del tipo subterráneo a la tensión de 20 KV y una frecuencia de 50 Hz.

La potencia de cortocircuito en el punto de acometida es de 350 MVA. lo que equivale a 10 KA. eficaces, según datos proporcionados por la Compañía Suministradora.

En el apoyo aéreo-subterráneo previo al transformador se instalarán unos pararrayos autovalvulares de resistencia variable, de características 24 Kv de tensión más elevada y 5 kA de corriente de descarga nominal, de las siguientes características:

Tensión de aislamiento:	24 Kv
Corriente carga nominal:	5 kA
Nivel de protección:	80 kV
Tensión residual:	80 Kv

El cable subterráneo, en la subida a la red aérea, ira protegido con un tubo de acero galvanizado, que se empotrara en la cimentación del apoyo,

sobresaliendo por encima del nivel de terreno un mínimo de 2,5m. En el tubo se alojaran las tres fases y su diámetro interior será 1,5 veces el de la terna de cables, con un mínimo de 150 mm.

8.5. Materiales.

8.5.1. Conductores y aislamientos.

A título informativo, se incluye las características correspondientes a los tipos constructivos de cable.

Todos los tipos constructivos se ajustaran a lo indicado en la norma UNE HD 620 y/o Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC 06:

Conductor.	Aluminio compacto, sección circular, clase 2 UNE 21-022. En el caso del cable con aislamiento XLPE, este estará obturado mediante hilaturas hidrófugas
Pantalla sobre el conductor.	Capa de mezcla semiconductora aplicada por extrusión.
Aislamiento.	Mezcla a base de etileno propileno de alto módulo (HEPR) o polietileno reticulado (XLPE).
Pantalla sobre el aislamiento.	Una capa de mezcla semiconductora pelable no metálica aplicada por extrusión, asociada a una corona de alambre y contraespira de cobre.
Obturación.	Solo aplicable a cables con aislamiento en XLPE y consistirá en una cinta obturante colocada helicoidalmente
Cubierta.	Compuesto termoplástico a base de poliolefina y sin contenido de componentes clorados u otros contaminantes. Se consideran dos tipos de cubierta normal y cubierta de seguridad contra la llama tipo (S).

Tipos seleccionados: Los reseñados en la tabla 1.

Tabla 1

Tipo constructivo	Tensión nominal kV	Sección del conductor mm ²	Sección pantalla mm ²
		150	16
	12/20	240	16
HEPRZ1 o RHZ1		400	16
	18/30	150	25
		240	25
		400	25

En el caso de incorporación de nuevas secciones a este Manual técnico, estas se ajustaran las indicadas en el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias, ITC -06.

Tabla 2A

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

Sección mm ²	Tensión Nominal kV	Resistencia Máx. a 105°C Ω /km	Reactancia por fase Ω /km	Capacidad μF/km
150		0,277	0,112	0,368
240	12/20	0,169	0,105	0,453
400		0,107	0,098	0,536
50		0,277	0,121	0,266
240	18/30	0,169	0,113	0,338
400		0,107	0,106	0,401

Temperatura máxima en servicio permanente 105°C
Temperatura máxima en cortocircuito t < 5s 250°C

Tabla 2B

Características cables con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE)

Sección mm ²	Tensión Nominal kV	Resistencia Máx. a 105°C Ω /km	Reactancia por fase Ω /km	Capacidad μF/km
150		0,265	0,110	0,242
240	12/20	0,162	0,101	0,295
400		0,102	0,090	0,390
50		0,265	0,125	0,183
240	18/30	0,162	0,102	0,221
400		0,102	0,097	0,286

Temperatura máxima en servicio permanente 90°C
Temperatura máxima en cortocircuito t < 5s 250°C

8.5.2. Accesorios.

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

La ejecución y montaje de los empalmes y las terminaciones se realizarán siguiendo el Manual Técnico (MT) correspondiente cuando exista, o en su defecto, las instrucciones del fabricante.

Terminaciones: Las características serán las establecidas en la NI 56.80.02.
Conectores separables apantallados enchufables: Las características serán las establecidas en la NI 56.80.02.

Empalmes: Las características serán las establecidas en la NI 56.80.02.

8.5.3. Protecciones eléctricas de principio y fin de línea.

Protección contra sobreintensidades

Las líneas deberán estar debidamente protegidas contra los efectos peligrosos, térmicos y dinámicos que puedan originar las sobreintensidades susceptibles de producirse en la instalación, cuando éstas puedan dar lugar a averías y daños en las citadas instalaciones.

Las salidas de línea deberán estar protegidas contra cortocircuitos y, cuando proceda, contra sobrecargas. Para ello se colocarán cortacircuitos fusibles o interruptores automáticos, con emplazamiento en el inicio de las líneas. Las características de funcionamiento de dichos elementos corresponderán a las exigencias del conjunto de la instalación de la que el cable forme parte integrante, considerando las limitaciones propias de éste.

En cuanto a la ubicación y agrupación de los elementos de protección de los transformadores, así como los sistemas de protección de las líneas, se aplicará lo establecido en la ITC MIE-RAT 09 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.

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

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

El proyectista analizará la existencia de fenómenos de ferorresonancias por combinación de las intensidades capacitivas con las magnetizantes de transformadores durante el seccionamiento unipolar de líneas sin carga, en cuyo caso se utilizará de seccionamiento tripolar en lugar de seccionamiento unipolar.

Protección contra cortocircuitos

La protección contra cortocircuito por medio de fusibles o interruptores automáticos se establecerá de forma que la falta sea despejada en un tiempo tal que la temperatura alcanzada por el conductor durante el cortocircuito no exceda de la máxima admisible asignada en cortocircuito.

Las intensidades máximas admisibles de cortocircuito en los conductores y pantallas, correspondientes a tiempos de desconexión comprendidos entre 0,1 y 3 segundos, serán las indicadas en el capítulo 6 de la presente instrucción.

Podrán admitirse intensidades de cortocircuito mayores a las indicadas, y a estos efectos el fabricante del cable deberá aportar la documentación justificativa correspondiente.

Protecciones contra sobrecargas

En general, no será obligatorio establecer protecciones contra sobrecargas, si bien es necesario, controlar la carga en el origen de la línea o del cable mediante el empleo de aparatos de medida, mediciones periódicas o bien por estimaciones estadísticas a partir de las cargas conectadas al mismo, con objeto de asegurar que la temperatura del cable no supere la máxima admisible en servicio permanente.

Protección contra sobretensiones

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

Para ello se utilizarán pararrayos de resistencia variable o pararrayos de óxidos metálicos, cuyas características estarán en función de las probables intensidades de corriente a tierra que puedan preverse en caso de sobretensión o se observará el cumplimiento de las reglas de coordinación de aislamiento correspondientes. Deberá cumplirse también, en lo referente a coordinación de aislamiento y puesta a tierra de los pararrayos, lo indicado en las instrucciones MIE-RAT 12 Y MIE-RAT 13, respectivamente, Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación, aprobado por Real Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre.

En lo referente a protecciones contra sobretensiones serán de consideración igualmente las especificaciones establecidas por las Normas UNE-EN 60071-1, UNE-EN 60071-2 Y UNE-EN 60099-5.

8.6. Zanjas, sistemas de enterramiento y medidas de señalización.

Lo indicado en este apartado es válido para instalaciones cuya tensión nominal de la red no sea superior a 30 kV. Para tensiones mayores, el proyectista determinará y justificará en cada caso las condiciones de instalación y distancias.

Las canalizaciones se dispondrán, en general, por terrenos de dominio público en suelo urbano o en curso de urbanización que tenga las cotas de nivel previstas en el proyecto de urbanización (alineaciones y rasantes), preferentemente bajo las aceras y se evitarán los ángulos pronunciados. El trazado será lo más rectilíneo posible, a poder ser paralelo en toda su longitud a las fachadas de los edificios principales o, en su defecto, a los bordillos. Así mismo, deberá tenerse en cuenta los radios de curvatura mínimos que pueden soportar los cables sin deteriorarse, a respetar en los cambios de dirección.

En la etapa de proyecto deberá contactarse con las empresas de servicio público y con las posibles propietarias de servicios para conocer la posición de sus instalaciones en la zona afectada. Una vez conocidas, antes de proceder a la apertura de las zanjas, la empresa instaladora abrirá calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto en el proyecto. La apertura de calas de reconocimiento se podrá sustituir por el empleo de quipos de detección, como el georradar, que permitan contrastar los planos aportados por las compañías de servicio y al mismo tiempo prevenir situaciones de riesgo.

Los cables podrán instalarse en las formas que se indican a continuación.

Directamente enterrados

La profundidad, hasta la parte superior del cable más próximo a la superficie, no será menor de 0,6 m en acera o tierra, ni de 0,8 m en calzada.

Cuando existan impedimentos que no permitan lograr las mencionadas profundidades, éstas podrán reducirse, disponiendo protecciones mecánicas suficientes. Por el contrario, deberán aumentarse cuando las condiciones que se establecen en el capítulo 5 así lo exijan.

La zanja ha de ser de la anchura suficiente para permitir el trabajo de un hombre, salvo que el tendido del cable se haga por medios mecánicos. Sobre el fondo de la zanja se colocará una capa de arena o material de características equivalentes de espesor mínimo 5 cm y exenta de cuerpos extraños. Los laterales de la zanja han de ser compactos y no deben desprender piedras o tierra. La zanja se protegerá con estribas u otros medios para asegurar su estabilidad, conforme a la normativa de riesgos laborales.

Por encima del cable se dispondrá otra capa de 10 cm de espesor, como mínimo, que podrá ser de arena o material con características equivalentes.

Para proteger el cable frente a excavaciones hechas por terceros, los cables deberán tener una protección mecánica que en las condiciones de instalación soporte un impacto puntual de una energía de 20 J Y que cubra la proyección en planta de los cables, así como una cinta de señalización que advierta la existencia del cable eléctrico de AT Se admitirá también la colocación de placas con doble misión de protección mecánica y de señalización.

En canalización entubada

La profundidad, hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie, no será menor de 0,6 metros en acera o tierra, ni de 0,8 metros en calzada.

Estarán construidas por tubos de material sintético, de cemento y derivados, o metálicos, hormigonadas en la zanja o no, con tal que presenten suficiente resistencia mecánica.

El diámetro interior de los tubos no será inferior a vez y media el diámetro exterior del cable o del diámetro aparente del circuito en el caso de varios cables instalados en el mismo tubo. El interior de los tubos será liso para facilitar la instalación o sustitución del cable o circuito averiado. No se instalará más de un circuito por tubo.

Si se instala un solo cable unipolar por tubo, los tubos deberán ser de material no ferromagnético.

Antes del tendido se eliminará de su interior la suciedad o tierra garantizándose el paso de los cables mediante mandrilado acorde a la sección interior del tubo o sistema equivalente. Durante el tendido se deberán embocar correctamente para evitar la entrada de tierra o de hormigón.

Se evitará, en lo posible, los cambios de dirección de las canalizaciones entubadas respetando los cambios de curvatura indicados por el fabricante de los cables.

En los puntos donde se produzcan, para facilitar la manipulación de los cables podrán disponerse arquetas con tapas registrables o no. Con objeto de no sobrepasar las tensiones de tiro indicadas en las normas aplicables a cada tipo de cable, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro en aquellos casos que lo requieran. A la entrada de las arquetas, las canalizaciones entubadas deberán quedar debidamente selladas en sus extremos.

La canalización deberá tener una señalización colocada de la misma forma que la indicada en el apartado anterior, para advertir de la presencia de cables de alta tensión.

8.7. Puesta a tierra

Las pantallas metálicas de los cables se conectarán a tierra, por lo menos en una de sus cajas terminales extremas. Cuando no se conecten ambos extremos a tierra, el proyectista deberá justificar en el extremo no conectado que las tensiones provocadas por el efecto de las faltas a tierra o por inducción de tensión entre la tierra y pantalla, no producen una tensión de contacto aplicada superiores al valor indicado en la ITC-LAT 07, salvo que en este extremo la pantalla esté protegida por envolvente metálica puesta a tierra o sea inaccesible.

Asimismo, también deberá justificar que el aislamiento de la cubierta es suficiente para soportar las tensiones que pueden aparecer en servicio o en caso de defecto.

8.8. Local del CT.

Los Centros estarán ubicados en una caseta o envolvente independiente destinada únicamente a esta finalidad. En ella se ha instalado toda la aparamenta y demás equipos eléctricos, así como al transformador de potencia.

Para el diseño de estos centros de transformación se han observado todas las normativas antes indicadas, teniendo en cuenta las distancias necesarias para pasillos y accesos, al igual que las distancias mínimas entre elementos en tensión que se detallan en el vigente reglamento de alta tensión.

Las dimensiones del centro de transformación y reparto deben permitir las siguientes consignas:

- El movimiento y colocación en su interior de los elementos y maquinaria necesarios para la realización adecuada de la instalación eléctrica.
- La ejecución de maniobras propias de su explotación y operaciones de mantenimiento en condiciones óptimas de seguridad para las personas que lo realicen.
Como norma general los centros de transformación deberán cumplir también las siguientes consignas:
- No contendrá canalizaciones ajenas al CT, tales como agua, aire, gas, teléfonos, etc.
- Será construido enteramente con materiales no combustibles.
- Los elementos delimitadores del CT (muros, tabiques, cubiertas, etc), así como los estructurales en él contenidos (vigas, pilares, etc) tendrán una resistencia al fuego de acuerdo con la NBE CPI-96 y los materiales constructivos del revestimiento interior (paramentos, pavimento y techo) serán de clase M0 de acuerdo con la Norma UNE 23727.
- Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial será accesible desde el exterior.
- Las piezas metálicas expuestas al exterior están tratadas adecuadamente contra la corrosión.
- Bajo la solera se disponen los orificios para la entrada de cables de Alta y Baja Tensión.

8.8.1. Características de los materiales.

Centro de transformación y reparto tipo PFU-5 de Ormazabal.

Los edificios PFU constan de una envolvente de hormigón, instalado en superficie, de estructura monobloque, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos: desde la aparamenta de Media Tensión, hasta los cuadros de Baja Tensión, incluyendo los transformadores, dispositivos de Control e interconexiones entre los diversos elementos.

La principal ventaja que presentan estos Centros de Transformación es que tanto la construcción como el montaje y equipamiento interior pueden ser realizados íntegramente en fábrica, garantizando con ello una calidad uniforme y reduciendo considerablemente los trabajos de obra civil y montaje en el punto de instalación.

Además, su cuidado diseño permite su instalación tanto en zonas de carácter industrial como en entornos urbanos.

Centro de transformación tipo miniBLOK 24 de Ormazabal.

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

El miniBLOK es aplicable a redes de distribución de hasta 24 kV, donde se precisa de un transformador de 400 kVA en nuestro caso.

Se trata de un producto construido de serie, ensayado y suministrados como una unidad, que consiste en un equipo compacto asociado tipo MB formado por 2 celdas de Línea y una de Protección, un Transformador, un Cuadro de Baja Tensión y las correspondientes interconexiones y elementos auxiliares, todo ello en el interior de una envolvente de hormigón.

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

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

8.8.2. Cimentación.

Centro de transformación y reparto tipo PFU-5 de Ormazabal.

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

Centro de transformación tipo miniBLOK 24 de Ormazabal.

No procede.

8.8.3. Solera y pavimento.

No procede al ser centros de transformación de tipo prefabricado.

8.8.4. Cerramientos exteriores.

Tanto en el tipo PFU-5 como en el tipo miniBLOK el cerramiento exterior está compuesto por una envolvente prefabricada de hormigón armado.

8.8.5. Tabiquería interior.

No se dispone de tabiquería interior en ninguno de los centros de transformación que se tratan en este proyecto.

8.8.6. Cubiertas.

La cubierta está formada por piezas de hormigón armado, habiéndose diseñado de tal forma que se impidan las filtraciones y la acumulación de agua sobre ésta, desaguando directamente al exterior desde su perímetro. Las piezas de hormigón serán con inserciones en la parte superior para su manipulación.

8.8.7. Forjados y cubiertas.

No procede al tratarse de centros de transformación de tipo prefabricado.

8.8.8. Enlucidos y Pinturas.

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

8.8.9. Varios.

Centro de transformación y reparto tipo PFU-5 de Ormazabal.

- Accesos:

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

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

- Ventilación:

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

- Acabado:

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

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

- Calidad:

Estos edificios prefabricados han sido acreditados con el Certificado de Calidad UNESA de acuerdo a la RU 1303A.

- Alumbrado:

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

- Características detalladas:

Nº de transformadores: **1**

Nº reserva de celdas: **1**

Tipo de ventilación: **Normal**

Puertas de acceso peatón: **1 puerta de acceso**

Dimensiones exteriores:

Longitud: **6.080 mm**

Fondo: **2.380 mm**

Altura: **3.045 mm**

Altura vista: **2.585 mm**

Peso: **17.460 kg**

Dimensiones interiores:

Longitud: **5.900 mm**

Fondo: **2.200 mm**

Altura: **2.355 mm**

Dimensiones de la excavación:

Las dimensiones de la excavación variaran en relación al anillo de puesta a tierra.

Centro de transformación tipo miniBLOK 24 de Ormazabal.

- Características detalladas:

Nº de transformadores: **1**

Puertas de acceso peatón: **1 puerta**

Dimensiones exteriores:

Longitud: **1.890 mm**

Fondo: **1.673 mm**

Altura: **1.532 mm**

Peso: **1.950 kg**

Dimensiones de la excavación:

Las dimensiones de la excavación variaran en relación al anillo de puesta a tierra.

8.9. Instalación eléctrica.

8.9.1. Características de la red de alimentación.

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

La compañía suministradora nos ha facilitado los datos correspondientes a la potencia de cortocircuito en el punto de acometida, esta potencia es de 350 MVA que equivale a 10 KA eficaces.

8.9.2. Características de la aparamenta de alta tensión.

Protección y seguridad de personas, bienes y equipos ante los efectos de arcos internos (clase IAC), acreditada con los ensayos realizados conforme a la norma IEC 62271-200.

Insensibilidad ante entornos ambientales agresivos (incluidas inundaciones temporales) larga vida útil y ausencia de mantenimiento de las partes activas proporcionadas por su aislamiento integral en gas y el uso de conectores apantallados.

Flexibilidad de configuración para todo tipo de esquemas. El conjunto de unión ORMALINK patentado en 1991 por Ormazabal aporta modularidad total y extensibilidad futura, en ambas direcciones.

Fáciles tareas de manipulación e instalación gracias a unas dimensiones y pesos reducidos.

Seguridad y sencillez de operación mediante elementos de maniobra ergonómicos que integran enclavamientos de serie.

Seguridad adicional mediante unidades ekorSYS: ekorVPIS, indicador luminoso de presencia de tensión; y ekorSAS, alarma sonora de prevención de puesta a tierra.

Posibilidad de montar accesorios y realizar pruebas bajo tensión.

Tubos portafusible en posición horizontal, con acceso frontal y protegidos dentro de la cuba de gas.

Facilidad de conexión de cables, mediante bornas enchufables o atornillables, dispuestas en línea frontalmente.

La cuba, sellada y aislada en gas SF6, alberga el embarrado, los elementos de maniobra y los elementos de corte. El dieléctrico utilizado actúa

como medio de aislamiento y de extinción. La cuba está provista de una membrana para dirigir de forma segura la salida de los gases en caso de arco interno, y de manómetro para el control de la presión del gas aislante.

El embarrado conecta los pasatapas monofásicos del exterior de la celda con los elementos de corte de su interior.

Los compartimentos portafusibles proporcionan aislamiento adicional y estanqueidad contra la polución, los cambios de temperatura y condiciones climáticas adversas. Desde su interior la acción del percutor del fusible se transmite a la timonería de disparo.

El mecanismo de maniobra permite realizar las operaciones de conexión y desconexión en los circuitos de Media Tensión.

Los esquemas sinópticos frontales integran los dispositivos de señalización de posición. Máxima fiabilidad verificada mediante el ensayo de cadena cinemática del mecanismo de señalización según IEC 62271-102.

El compartimento de cables, ubicado en la zona inferior delantera de la celda, dispone de tapa enclavada con el seccionador de puesta a tierra, la cual permite acceso frontal a los cables de Media Tensión.

La conexión de los cables aislados de Media Tensión procedentes del exterior se realiza mediante pasatapas que admiten conectores enchufables o atornillables aislados con o sin pantallas equipotenciales.

Las celdas CGMCOSMOS están diseñadas para la protección de personas y bienes ante los efectos de un arco interno según los criterios del Anexo A de la norma IEC 62271-200.

Enclavamientos

Estas celdas disponen de enclavamientos internos de serie que permiten un servicio fiable y seguro, de acuerdo a las exigencias de la norma IEC 62271-200.

El conjunto de enclavamientos evita operaciones inseguras:

- Imposibilita cerrar simultáneamente el interruptor-seccionador y el seccionador de puesta a tierra.
- Permite la apertura de la tapa de acceso a los cables de Media Tensión únicamente con el seccionador de puesta a tierra conectado.
- Condiciona el acceso a la zona de cables / portafusibles.

Las celdas del sistema CGMCOSMOS admiten independientemente la condenación de maniobras por candado del interruptor y del seccionador de puesta a tierra.

Opcionalmente, existen dispositivos de condenación de maniobras mediante cerradura.

8.9.2.1. Celda de entrada y salida.

CGMCOSMOS-L

Celda modular con función de línea o acometida, provista de interruptor-seccionador de tres posiciones (conectado, seccionado y puesto a tierra).

Extensibilidad: derecha, izquierda y ambos lados.

- Características eléctricas:

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS				
Tensión asignada*	U_r	[kV]	12	24
Frecuencia asignada	f_r	[Hz]	50/60	50/60
Corriente asignada				
en barras e interconexión de celdas	I_r	[A]	400/630	400/630
acometida	I_r	[A]	400/630	400/630
Tensión soportada asignada de corta duración a frecuencia industrial (1 min)				
fase-tierra y entre fases	U_d	[kV]	28	50
distancia de seccionamiento	U_d	[kV]	32	60
Tensión soportada asignada a impulso de tipo rayo				
fase-tierra y entre fases	U_p	[kV]	75	125
distancia de seccionamiento	U_p	[kV]	85	145
Clasificación arco interno	IAC AFL		16 kA 1 s / 20** kA 1 s	
Grado de protección	IP		IP33 + IPX7	

Interruptor-Seccionador s/ IEC 60265-1 + IEC 62271-102				
Corriente admisible asignada de corta duración (circuito principal)				
Valor $t_k = 1$ s o 3 s	I_k	[kA]	16/20**/25#	16/20**
Valor de cresta	I_p	[kA]	40/52**/62,5#	40/52**
Poder de corte asignado de corriente principalmente activa	I_1	[A]	400/630	
Poder de corte asignado de cables en vacío	I_{4a}	[A]	50/1,5	
Poder de corte asignado de bucle cerrado	I_{2a}	[A]	400/630	
Poder de corte asignado en caso de defecto a tierra	I_{6a}	[A]	300	
Poder de corte asignado de cables/líneas en vacío en caso de defecto a tierra	I_{6b}	[A]	100	
Poder de cierre del interruptor principal (valor de cresta)	I_{ma}	[kA]	40/52**/62,5#	40/52**
Categoría del interruptor				
Endurancia mecánica			1000-M1 (manual) 5000-M2 (motor)	
Ciclos de maniobras (cierres cc)- clase			5-E3	
Seccionador de Puesta a Tierra s/ IEC 62271-102				
Corriente admisible asignada de corta duración (circuito de tierras)				
Valor $t_k = 1$ s o 3s	I_k	[kA]	16/20**/25#	16/20**
Valor de cresta	I_p	[kA]	40/52**/62,5#	40/52**
Poder de cierre del Seccionador de Puesta a Tierra (valor de cresta)	I_{ma}	[kA]	40/52**/62,5#	40/52**
Categoría del Seccionador de Puesta a Tierra				
Endurancia mecánica (manual)			1000-M0	
Ciclos de maniobras (cierres cc)- clase			5-E2	
* También disponible $U_r = 7,2$ kV bajo pedido				
** Ensayos realizados con corriente 21 kA / 52,5 kA				
# Valor sólo válido para $t_k = 1$ s				

CGMCOSMOS-2LP

Celda compacta (RMU) con dos funciones de línea y una de protección con fusibles, que incluye tanto las prestaciones de las celdas de línea como la de protección, albergadas en una única cuba.

Extensibilidad: derecha, izquierda, ambos lados o ninguna.

- Características eléctricas:

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS		L		P	
Tensión asignada*	U_r [kV]	12	24	12	24
Frecuencia asignada	f_r [Hz]	50/60	50/60	50/60	50/60
Corriente asignada					
en barras e interconexión de celdas	I_r [A]	400/630	400/630	400/630	400/630
acometida	I_r [A]	400/630	400/630	-	-
en bajante de transformador	I_r [A]	-	-	200	200
Tensión soportada asignada de corta duración a frecuencia industrial (1 min)					
fase-tierra y entre fases	U_d [kV]	28	50	28	50
distancia de seccionamiento	U_d [kV]	32	60	32	60
Tensión soportada asignada a impulso de tipo rayo					
fase-tierra y entre fases	U_p [kV]	75	125	75	125
distancia de seccionamiento	U_p [kV]	85	145	85	145
Clasificación arco interno	IAC AFL	16 kA 1 s / 20** kA 1 s			
Grado de protección	IP	IP33 + IPX7			
Interruptor-Seccionador s/ IEC 60265-1 + IEC 62271-102					
		L		P	
Corriente admisible asignada de corta duración (circuito principal)					
Valor $t_k = 1$ s o 3 s	I_k [kA]	16/20**/25*	16/20**	16/20**/25*	16/20**
Valor de cresta	I_p [kA]	40/52**/62,5*	40/52**	40/52**/62,5*	40/52**
Poder de corte asignado de corriente principalmente activa	I_l [A]	400/630	200		
Poder de corte asignado de cables en vacío	I_{40} [A]	50/1,5	-	-	
Poder de corte asignado de bucle cerrado	I_{20} [A]	400/630	-	-	
Poder de corte asignado en caso de defecto a tierra	I_{60} [A]	300	-	-	
Poder de corte asignado de cables/lineas en vacío en caso de defecto a tierra	I_{60} [A]	100	-	-	
Poder de cierre del interruptor principal (valor de cresta)	I_{res} [kA]	40/52**/62,5*	40/52**	40/52**/62,5*	40/52**
Categoría del interruptor					
Endurancia mecánica	1000-M1 (manual) / 5000-M2 (motor)				
Ciclos de maniobras (cierres cc)- clase	5-E3				
Corriente de intersección combinado interruptor-relé (ekorRPT)					
I_{res} de corte s/ TD ₃₀ IEC 62271-105	[A]	-	-	1250	1250
Corriente de transición combinado interruptor-fusible					
I_{res} de corte s/ TD ₃₀ IEC 62271-105	[A]	-	-	1500	1300
Seccionador de Puesta a Tierra s/ IEC 62271-102					
		L		P	
Corriente admisible asignada de corta duración (circuito de tierras)					
Valor $t_k = 1$ s o 3 s	I_k [kA]	16/20**/25*	16/20**	1/3	
Valor de cresta	I_p [kA]	40/52**/62,5*	40/52**	2,5/7,5	
Poder de cierre del Seccionador de Puesta a Tierra (valor de cresta)	I_{res} [kA]	40/52**/62,5*	40/52**	2,5/7,5	
Categoría del Seccionador de Puesta a Tierra					
Endurancia mecánica (manual)	1000-M0				
Ciclos de maniobras (cierres cc)- clase	5-E2				
* También disponible $U_r = 7,2$ kV bajo pedido					
** Ensayos realizados con corriente 21 kA / 52,5 kA					
# Valor sólo válido para $t_k = 1$ s					

8.9.2.2. Celda de protección.

CGMCOSMOS-P.

Celda modular con función de protección con fusibles, provista de un interruptor-seccionador de tres posiciones (conectado, seccionado y puesto a tierra; antes y después de los fusibles) y protección con fusibles limitadores.

Extensibilidad: derecha, izquierda y ambos lados.

- Características eléctricas:

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS				
Tensión asignada*	U_r	[kV]	12	24
Frecuencia asignada	f_r	[Hz]	50/60	50/60
Corriente asignada				
en barras e interconexión de celdas	I_r	[A]	400/630	400/630
en bajante de transformador	I_r	[A]	200	200
Tensión soportada asignada de corta duración a frecuencia industrial (1 min)				
fase-tierra y entre fases	U_d	[kV]	28	50
distancia de seccionamiento	U_d	[kV]	32	60
Tensión soportada asignada a impulso de tipo rayo				
fase-tierra y entre fases	U_p	[kV]	75	125
distancia de seccionamiento	U_p	[kV]	85	145
Categoría de arco interno	IAC AFL		16 kA 1 s / 20** kA 1 s	
Grado de protección	IP		IP33 + IPX7	

Interruptor-Seccionador s/ IEC 60265-1 + IEC 62271-102			
Corriente admisible asignada de corta duración (circuito principal)			
Valor $t_k = 1$ s o 3 s	I_k	[kA]	16/20**/25# 16/20**
Valor de cresta	I_p	[kA]	40/52**/62,5# 40/52**
Poder de corte asignado de corriente principalmente activa	I_1	[A]	200
Poder de cierre del interruptor principal (valor de cresta)	I_{ma}	[kA]	40/52**/62,5# 40/52**
Categoría del interruptor			
Endurancia mecánica	1000-M1 (manual) 5000-M2 (motor)		
Ciclos de maniobras (cierres cc)- clase	5-E3		
Corriente de intersección combinado interruptor-relé (ekorRPT)			
$I_{m\acute{a}x}$ de corte s/ TD_{it0} IEC 62271-105	[A]	1700	1300
Corriente de transición combinado interruptor-fusible			
$I_{m\acute{a}x}$ de corte s/ $TD_{itransfer}$ IEC 62271-105	[A]	2300	1600

Categoría del Seccionador de Puesta a Tierra s/ IEC 62271-102			
Corriente admisible asignada de corta duración (circuito de tierras)			
Valor $t_k = 1$ s o 3 s	I_k	[kA]	1/3
Valor de cresta	I_p	[kA]	2,5/7,5
Poder de cierre del Seccionador de Puesta a Tierra (valor de cresta)	I_{ma}	[kA]	2,5/7,5
Categoría del Seccionador de Puesta a Tierra			
Endurancia mecánica (manual)	1000-M0		
Ciclos de maniobras (cierres cc)- clase	5-E2		

* También disponible $U_n = 7,2$ kV bajo pedido

** Ensayos realizados con corriente 21 kA / 52,5 kA

Valor sólo válido para $t_k = 1$ s

8.9.2.3. Celda de medida.

No procede.

8.9.2.4. Celda del transformador.

Transformador ORMAZABAL de 400 KVA y 24 KV de nivel de aislamiento que cumple las siguientes características:

- Transformador trifásico, 50 Hz para instalación en interior o exterior.

- Herméticos de llenado integral.
- Sumergidos en Aceite mineral de acuerdo a la norma IEC 60296.
- Refrigeración ONAN.
- Color azul oscuro, de acuerdo a la norma UNE 21428.

8.9.3. Características del material vario de alta tensión.

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

8.9.3.1. Embarrado general.

El embarrado conecta los pasatapas monofásicos del exterior de la celda con los elementos de corte de su interior.

La unión eléctrica entre los diferentes módulos del sistema CGMCOSMOS se realiza mediante el conjunto ORMALINK, patentado en 1991 por Ormazabal.

Las celdas extensibles disponen de tulipas (pasatapas hembras laterales), que facilitan la conexión entre sus embarrados principales. Ormazabal ha desarrollado una variante de ORMALINK que incorpora salida capacitiva para la indicación de presencia de tensión en barras.

8.9.3.2. Piezas de conexión.

Las interconexiones se hacen directas con cable de MT y BT.

La conexión de los cables aislados de Media Tensión procedentes del exterior se realiza mediante pasatapas que admiten conectores enchufables o atornillables aislados con o sin pantallas equipotenciales.

8.9.3.3. Aisladores de apoyo.

No procede.

8.9.3.4. Aisladores de paso.

No procede.

8.10. Medida de la energía eléctrica.

No procede ya que al ser centros de tipo compañía no se efectúan medidas de energía eléctrica.

8.11. Puesta a tierra.

Para la puesta a tierra se tendrá en cuenta las prescripciones generales de seguridad de la instrucción técnica complementaria MIE-RAT 13.

8.11.1. Tierra de protección.

Se pondrán a tierra las partes metálicas de una instalación que no estén en tensión normalmente pero que puedan estarlo a consecuencia de averías, accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones.

Salvo las excepciones señaladas en los apartados que se citan, se pondrán a tierra los siguientes elementos:

- Los chasis y bastidores de aparatos de maniobra.
- Los envolventes de los conjuntos de armarios metálicos.
- Las puertas metálicas de los locales.
- Las vallas y cercas metálicas.
- Las columnas, soportes, pórticos, etc.
- Las estructuras y armaduras metálicas de los edificios que contengan instalaciones de alta tensión.
- Los blindajes metálicos de los cables.
- Las carcasas de transformadores, generadores, motores, y otras máquinas.
- Hilos de guarda o cables de tierra de las líneas aéreas.

La tierra interior de protección se realizará con cable de cobre desnudo formando un anillo, y conectará a tierra los elementos descritos anteriormente. Se empleará cable de cobre desnudo de 50 mm² de sección, especificado en la NI 54.10.01 "Conductores desnudos de cobre para líneas eléctricas aéreas y subestaciones de alta tensión".

8.11.2. Tierra de servicio.

Se conectarán a tierra los elementos de la instalación necesarios y entre ellos:

- Los neutros de los transformadores, que lo precisen en instalaciones o redes con neutro a tierra de forma directa o a través de resistencias o bobinas.
- El neutro de los alternadores y otros aparatos o equipos que lo precisen.
- Los circuitos de baja tensión de los transformadores de medida.

- Los limitadores, descargadores, autoválvulas, pararrayos para eliminación de sobretensiones o descargas atmosféricas.
- Los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra.

El sistema de tierras estará constituido exclusivamente de cobre, empleándose cable de cobre aislado de 50 mm² de sección, tipo DN-RA con una tensión asignada de 0,6/1kV, (especificado en la norma NI 56.31.71 “Cable unipolar DN-RA con conductor de cobre para redes subterráneas de baja tensión 0,6/1 kV”), y picas cilíndricas de acero-cobre de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud. La tierra interior de servicio hasta la primer pica se realizará con cable de 50 mm² de cobre aislado 0,6/1 kV.

8.12. Cuadro general de B.T. Justificación y diseño.

Centro de transformación y reparto tipo PFU-5 de Ormazabal.

Cuadro de baja tensión ORMAZABAL CBTO-C de hasta ocho salidas para redes de distribución pública de baja tensión y uso en el interior de centro de transformación.

Características eléctricas:

- Tensión asignada 440 V.
- Intensidad asignada 1600 A.
- Tensión soportada a frecuencia industrial 2.5 kV (partes activas) y 10 kV (partes activas – masa).
- Tensión soportada a impulso tipo rayo 20 kV.
- Intensidad de cortocircuito 25 kA/1s.
- Grado de protección IP 2X, IK 08.

Centro de transformación tipo miniBLOK 24 de Ormazabal.

Cuadro de Baja Tensión de 4 salidas, con unidad de control y protección, así como acometida auxiliar de socorro.

Características eléctricas:

- Tensión asignada (V) 440
- Intensidad asignada (A) 1000
- Intensidad asignada (A)/ nº salidas 400 / 4

8.13. Instalaciones secundarias.

8.13.1. Alumbrado.

Al tratar con centros de transformación de tipo prefabricado irán dotados de circuito de alumbrado y servicios auxiliares.

8.13.2. Baterías de condensadores.

No se prevén baterías de condensadores.

8.13.3. Protección contra incendios.

Centro de transformación y reparto tipo PFU-5 de Ormazabal.

Este centro de transformación cuenta con la siguiente protección contra incendios:

- Foso de recogida de dieléctrico líquido, con revestimiento resistente y estanco, diseñados y dimensionados teniendo en cuenta el volumen de dieléctrico líquido que puedan recibir.
- Elementos de protección cortafuegos adicionales: lecho de guijarros sobre el foso de recogida de dieléctrico.

Centro de transformación tipo miniBLOK 24 de Ormazabal.

Este tipo de centro de transformación cuenta con la siguiente protección contra incendios:

- Baja carga térmica de los dieléctricos: menor volumen que en otras soluciones de mercado.
- Aislamientos ignífugos.
- Protección de equipos que limita el riesgo de incendio de sus dieléctricos líquidos.
- Protección permanente frente a eventuales derrames de dieléctrico líquido debido a la disposición de fosos de recogida de aceite, con revestimiento resistente y estanco.

8.13.4. Ventilación.

La ventilación de los centros de transformación debe cumplir lo establecido en la instrucción complementaria MIE-RAT 14. En nuestro caso al ser centros de transformación prefabricados vienen calculados y ensayados con las siguientes características:

- Por circulación natural de aire, clase 10, a través de dos rejillas de entrada instaladas en las paredes de la envolvente y una salida perimetral superior.

- Ensayos y modelización de ventilación natural con transformadores Ormazabal, para la optimización de la vida útil de los mismos.

8.13.5. Medidas de seguridad.

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

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

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

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

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

Para el centro de transformación de tipo mimiBLOK-24 tendremos las siguientes medidas de seguridad.

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

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

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

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

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

9. Descripción de obra civil.

Se procede a describir los distintos tipos de soterramiento de cables contemplados en el presente proyecto.

Directamente enterrados.

La profundidad, hasta la parte inferior del cable, será de 0.70 metros.

Para conseguir que el cable quede correctamente instalado sin haber recibido daño alguno, y que ofrezca seguridad frente a excavaciones hechas por terceros, en la instalación de los cables se seguirán las instrucciones descritas a continuación:

- El lecho de la zanja que va a recibir el cable será liso y estará libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. En el mismo se dispondrá una capa de arena de mina o de río lavada, de espesor mínimo 0,05 m sobre la que se colocará el cable. Por encima del cable irá otra capa de arena o tierra cribada de unos 0,10 m de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener 0,05 m entre los cables y las paredes laterales.
- Por encima de la arena todos los cables deberán tener una protección mecánica, como por ejemplo, losetas de hormigón, placas protectoras de plástico, ladrillos o rasillas colocadas transversalmente. Podrá admitirse el empleo de otras protecciones mecánicas equivalentes. Se colocará también una cinta de señalización que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión. Su distancia mínima al suelo será de 0,10 m, y a la parte superior del cable de 0,25m.
- Se admitirá también la colocación de placas con la doble misión de protección mecánica y de señalización.

En canalizaciones entubadas.

Serán conformes con las especificaciones del apartado 1.2.4. de la ITC-BT-21 del reglamento electrotécnico de baja tensión. No se instalará más de un circuito por tubo.

Se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección de los tubos. En los puntos donde se produzcan y para facilitar la manipulación de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrables o no.

Para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro, como máximo cada 40 m. Esta distancia podrá variarse de forma razonable, en función de derivaciones, cruces u otros condicionantes viarios. A la entrada en las arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores.

Cálculos justificativos

1. Red de Baja Tensión.

1.1.- Centro de transformación 1:

1.1.1.- Anillo 1.

1.1.1.1.- Previsión de potencia.

TRAMO	LONGITUD(m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	POTENCIA(kW)	PxL
CT1-CGP1	18,62	18,62	65,45	1218,679
CGP1-CGP3	29,29	47,91	65,45	3135,709
CGP3-CGP5	29,27	77,18	65,45	5051,431
CGP5-CGP6	31,55	108,73	65,45	7116,378
CGP6-CGP4	49,31	158,04	65,45	10343,718
CGP4-CGP2	29,2	187,24	65,45	12254,858

-Cálculo del punto de mínima tensión:

$$p.m.t.: \frac{\sum L \cdot P}{\sum P}$$

$\sum PxL$	$\sum P$	p.m.t
26865,916	327,25	82,096

El punto de mínima tensión se encuentra situado entre la C.G.P. 5 y la C.G.P. 6, a una distancia del Centro de Transformación de 82,096 m.

1.1.1.2- Intensidad.

RAMA 1 CT1-CGP5

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P.1. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP5	10	5,75	7,95	8,5	56,825
CGP3	20	5,75	15,9	14,8	101
CGP1	30	5,75	23,85	19,8	137,7

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
137,7	220,83

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$I_{m\acute{a}x} = 220,83 \text{ A}$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 para 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{220,83}{0,94} = 234,93(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1) 
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 234,93 es posible escoger una sección de 150 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,94 = 244,4 \text{ (A)} > I_{nom} = 220,83 \text{ (A)}$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 250A > 220,83 A

-Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 77,18 m

RAMA 2 CT1-CGP6

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P.2. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP6	10	5,75	7,95	8,5	56,825
CGP4	20	5,75	15,9	14,8	101
CGP2	30	5,75	23,85	19,8	137,7

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
137,7	220,83

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

Imáx = 220,83 A

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 para 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{220,83}{0,94} = 234,93(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 234,93 es posible escoger una sección de 240 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,94 = 244,4 (A) > I_{nom} = 220,83 (A)$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 250A > 220,83 A
- Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 111,17 m

Según la normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo debe de ser igual para las dos ramas, por tanto:

RAMA 1:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 250A > 220,83 A
- Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 77,18 m

RAMA 2:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 250A > 220,83 A
- Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 111,17 m

1.1.1.3.- Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menos que el 5 %.

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot (\tan \theta))$$

Donde:

$$\Delta U\% = W \cdot L \cdot K$$

Siendo:

$$K = \frac{R + X \cdot \tan \theta}{10 \cdot U^2}$$

En esta tabla tenemos el valor de la resistencia y de la impedancia para un valor determinado de sección del conductor:

Sección de fase en mm ²	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

En nuestro caso, como hemos seleccionado una sección de 150 mm², los valores de resistencia e impedancia son los siguientes:

K	R	X
0,151451563	0,206	0,075

Por tanto obtenemos:

RAMA 1:

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT1-CGP1	137,7	18,62	0,388317869	0,388317869
CGP1-CGP3	101	29,29	0,448037643	0,836355511
CGP3-CGP5	56,825	29,27	0,2519045	1,088260011

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

RAMA 2:

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT1-CGP2	137,7	32,66	0,681120386	0,681120386
CGP2-CGP4	101	29,2	0,446660948	1,127781334
CGP4-CGP6	56,825	49,31	0,42437345	1,552154784

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

1.1.2- Anillo 2.

1.1.2.1.- Previsión de potencia.

TRAMO	LONGITUD(m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	POTENCIA(kW)	PxL
CT1-CGP1	42,23	42,23	65,45	2763,9535
CGP1-CGP3	22,57	64,8	65,45	4241,16
CGP3-CGP4	23,45	88,25	65,45	5775,9625
CGP4-CGP2	36,63	124,88	65,45	8173,396

-Cálculo del punto de mínima tensión:

$$p.m.t.: \frac{\sum L \cdot P}{\sum P}$$

ΣPxL	ΣP	p.m.t
20954,472	261,8	80,04

El punto de mínima tensión se encuentra situado entre la C.G.P. 3 y la C.G.P. 4, a una distancia del Centro de Transformación de 80,04 m.

1.1.2.2- Intensidad.

RAMA 1 CT1-CGP3

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P.1. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP3	10	5,75	7,95	8,5	56,825
CGP1	20	5,75	15,9	14,8	101

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
101	161,97

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$I_{m\acute{a}x} = 161,97 \text{ A}$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 -- 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{161,97}{0,94} = 172,31(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 172,31 es posible escoger una sección de 95 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

$$S = 95 \text{ mm}^2$$

$$I_{adm} = 200 \cdot 0,94 = 188 \text{ (A)} > I_{nom} = 161,97 \text{ (A)}$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
	Longitudes en metros (1)					

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x95 + 1x50 Al

-Fusible 200A > 161,97 A

-Longitud protegida por cortocircuito 120 m > 64,8 m

RAMA 2 CT1-CGP4

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P.2. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

$$U=400 \text{ V}$$

$$\cos\theta= 0,9$$

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP4	10	5,75	7,95	8,5	56,825
CGP2	20	5,75	15,9	14,8	101

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
101	161,97

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$$I_{\max} = 161,97 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 -- 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{161,97}{0,94} = 172,31(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 172,31 es posible escoger una sección de 95 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

$$S = 95 \text{ mm}^2$$

$$I_{adm} = 200 \cdot 0,94 = 188 \text{ (A)} > I_{nom} = 161,97 \text{ (A)}$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x95 + 1x50 Al

-Fusible 200A > 161,97 A

-Longitud protegida por cortocircuito 120 m > 90,62 m

Según la normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo debe de ser igual para las dos ramas. Según la normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo debe de ser igual para las dos ramas. Además, según Iberdrola, la sección mínima para distribución de energía en red de baja tensión subterránea mente, será de 150mm² por lo que la sección será 3x150+1x95mm²:

RAMA 1:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 200A > 161,97 A
- Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 64,8 m

RAMA 2:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 200A > 161,97 A
- Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 90,62 m

1.1.1.3.- Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menos que el 5 %.

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot (\tan \theta))$$

Donde:

$$\Delta U\% = W \cdot L \cdot K$$

Siendo:

$$K = \frac{R + X \cdot \tan \theta}{10 \cdot U^2}$$

En esta tabla tenemos el valor de la resistencia y de la impedancia para un valor determinado de sección del conductor:

Sección de fase en mm ²	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

En nuestro caso, como hemos seleccionado una sección de 95 mm², los valores de resistencia e impedancia son los siguientes:

K	R	X
0,22300425	0,32	0,076

Por tanto obtenemos:

RAMA 1:

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT1-CGP1	101	42,23	0,951164417	0,951164417
CGP1-CGP3	56,825	22,57	0,286011927	1,237176344

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

RAMA 2:

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT1-CGP2	101	53,99	1,216039945	1,216039945
CGP2-CGP4	56,825	36,63	0,464183291	1,680223236

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

1.2.- Centro de transformación 2:

1.2.1- Anillo 1.

1.2.1.1.- Previsión de potencia.

TRAMO	LONGITUD(m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	POTENCIA(kW)	PxL
CT2-GARAJE 20	10,69	10,69	40	427,6
GARAJE 20-CGP2	20,86	31,55	65,45	2064,94
CGP2-CGP3	60,31	91,86	18,4	1690,224
CGP3-CGP4	50,14	142	9,2	1306,4

CGP4-CGP5	14,93	156,93	18,4	2887,512
CGP5-CGP6	50,67	207,6	18,4	3819,84
CGP6-CGP7	51,13	258,73	18,4	4760,632
CGP7-JARDIN 2	15,29	274,02	12,81	3510,1962
JARDIN 2-CGP1	78,5	286,1	65,45	18725,245

-Cálculo del punto de mínima tensión:

$$p.m.t.: \frac{\sum L \cdot P}{\sum P}$$

$\Sigma P \times L$	ΣP	p.m.t
39192,59	266,51	147,058

El punto de mínima tensión se encuentra situado entre la C.G.P. 4 y la C.G.P. 5, a una distancia del Centro de Transformación de 147,058 m.

1.2.1.2- Intensidad.

RAMA 1 CT2-CGP4

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en el Garaje 20. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC-BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVIENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP4	1	9,2	0	1	9,2
CGP3	3	9,2	0	3	27,6
CGP2	13	6,54	7,95	10,6	77,274
GARAJE 20	13	6,54	47,95	10,6	117,274

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
117,27	188,071

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$I_{m\acute{a}x} = 188,071 \text{ A}$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 para 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{188,071}{0,94} = 200,07(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 200,07 es posible escoger una sección de 150 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,94 = 244,4 \text{ (A)} > I_{nom} = 188,071 \text{ (A)}$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 200A > 188,071 A

-Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 142 m

RAMA 2 CT2-CGP5

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P.1. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

$$U=400 \text{ V}$$

$$\cos\theta= 0,9$$

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP5	2	9,2	0	2	18,4
CGP6	4	9,2	0	3,8	34,96
CGP7	6	9,2	0	5,4	49,68
JARDIN 2	6	9,2	12,81	5,4	62,49
CGP1	16	7,04	20,76	12,5	108,76

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
108,76	174,42

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$I_{m\acute{a}x} = 174,42 \text{ A}$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,74 para 4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{174,42}{0,74} = 235,7(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1) 
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 235,7 es posible escoger una sección de 150 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,74 = 192,4(A) > I_{nom} = 174,42 (A)$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 200A > 174,42 A

-Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 213,94 m

Según la normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo debe de ser igual para las dos ramas, por tanto:

RAMA 1:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 200A > 188,071 A
- Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 142 m

RAMA 2:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 200A > 174,42 A
- Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 213,94 m

1.2.1.3.- Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menos que el 5 %.

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot (\tan \theta))$$

Donde:

$$\Delta U\% = W \cdot L \cdot K$$

Siendo:

$$K = \frac{R + X \cdot \tan \theta}{10 \cdot U^2}$$

En esta tabla tenemos el valor de la resistencia y de la impedancia para un valor determinado de sección del conductor:

Sección de fase en mm²	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

En nuestro caso, como hemos seleccionado una sección de 150 mm², los valores de resistencia e impedancia son los siguientes:

K	R	X
0,151451563	0,206	0,075

Por tanto obtenemos:

RAMA 1:

TRAMO	POTENCIA(kw)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT2-GARAJE 20	117,27	10,69	0,189862147	0,189862147
GARAJE19-CGP 2	77,27	20,86	0,244117534	0,433979682
CGP2-CGP3	27,6	60,31	0,252099607	0,686079289
CGP3-CGP4	9,2	50,14	0,069862788	0,50384247

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

RAMA 2:

TRAMO	POTENCIA(kw)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT2-CGP1	108,76	18,35	0,30225885	0,30225885
CGP1-JARDÍN 2	62,49	78,5	0,742940339	1,045199189
JARDÍN2-CGP7	49,68	15,29	0,115043697	1,160242886
CGP7-CGP6	34,96	51,13	0,270720395	1,430963281
CGP6-CGP5	18,4	50,67	0,141202532	1,572165814

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

1.2.2- Anillo 2.

1.2.2.1.- Previsión de potencia.

TRAMO	LONGITUD(m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	POTENCIA(kw)	PxL
CT2-JARDIN 1	8,84	8,84	13,33	117,8372
JARDIN 1-CGP2	76,64	85,48	65,45	5594,666
CGP2-CGP4	22,2	107,68	65,45	7047,656
CGP4-CGP3	11,08	118,76	65,45	7772,842
CGP3-CGP1	35,47	154,23	65,45	10094,353

-Cálculo del punto de mínima tensión:

$$p.m.t.: \frac{\sum L \cdot P}{\sum P}$$

$\Sigma P \times L$	ΣP	p.m.t
30627,3547	275,13	111,319

El punto de mínima tensión se encuentra situado entre la C.G.P. 4 y la C.G.P. 3, a una distancia del Centro de Transformación de 111,319 m.

1.2.1.2- Intensidad.

RAMA 1 CT2-CGP4

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable, situado en el Garaje 20. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC-BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP4	10	5,75	7,95	8,5	56,825
CGP2	20	5,75	15,9	14,8	101
JARDIN 1	20	5,75	29,23	14,8	114,33

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
114,33	183,35

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

I_{máx} = 183,35 A

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,74 para 4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{183,35}{0,74} = 247,77(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 247,77 es posible escoger una sección de 150 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,74 = 192,4 (A) > I_{nom} = 183,35 (A)$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 200A > 183,35 A

-Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 111,319 m

RAMA 2 CT2-CGP3

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P.1. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cosθ= 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP3	10	5,75	7,95	8,5	56,825
CGP1	20	5,75	15,9	14,8	101

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
101	161,97

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$I_{\max} = 161,97 \text{ A}$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,74 para 4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{\text{tablas}} = \frac{I}{K} = \frac{161,97}{0,74} = 218,87(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 218,87 es posible escoger una sección de 150 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

S = 150 mm²

$I_{adm} = 260 \cdot 0,74 = 192,4(A) > I_{nom} = 161,97 (A)$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
	Longitudes en metros ⁽¹⁾					

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 200A > 161,97 A

-Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 107,68 m

Según la normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo debe de ser igual para las dos ramas, por tanto:

RAMA 1:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 200A > 183,35 A

-Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 111,319 m

RAMA 2:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 200A > 161,97 A

-Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 107,68 m

1.2.1.3.- Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menos que el 5 %.

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot (\tan \theta))$$

Donde:

$$\Delta U\% = W \cdot L \cdot K$$

Siendo:

$$K = \frac{R + X \cdot \tan \theta}{10 \cdot U^2}$$

En esta tabla tenemos el valor de la resistencia y de la impedancia para un valor determinado de sección del conductor:

Sección de fase en mm ²	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

En nuestro caso, como hemos seleccionado una sección de 150 mm², los valores de resistencia e impedancia son los siguientes:

K	R	X
0,151451563	0,206	0,075

Por tanto obtenemos:

RAMA 1:

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT2-JARDIN 1	114,33	8,84	0,153068641	0,153068641
JARDIN 1-CGP2	101	76,64	1,172332023	1,325400664
CGP2-CGP4	56,825	22,2	0,191058418	1,516459082

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

RAMA 2:

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT2-CGP1	101	41,26	0,631138038	0,631138038
CGP1-CGP3	56,825	35,47	0,305263157	0,936401195

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

1.3.- Centro de transformación 3:**1.3.1- Anillo 1.****1.3.1.1.- Previsión de potencia.**

TRAMO	LONGITUD(m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	POTENCIA(kW)	PxL
CT3-GARAJE 19.1	8,42	8,42	51,57	434,21
GARAJE 19.1-CGP2	41,54	49,96	65,45	3269,88
CGP2-CGP4	27,31	77,27	65,45	5057,32
CGP4-GARAJE 19.2	13,49	90,76	51,57	4680,49
GARAJE 19.2-CGP3	28,71	119,47	65,45	7819,31
CGP3-CGP1	29,42	148,89	65,45	9744,85

-Cálculo del punto de mínima tensión:

$$p.m.t.: \frac{\sum L \cdot P}{\sum P}$$

$\sum PxL$	$\sum P$	p.m.t
31006,0781	364,94	84,96

El punto de mínima tensión se encuentra situado entre la C.G.P. 4 y el Garaje 19.2, a una distancia del Centro de Transformación de 84,96 m.

1.3.1.2- Intensidad.

RAMA 1 CT3-CGP4

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable, situado en el Garaje 19.1. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC-BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cosθ= 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP4	10	5,75	7,95	8,5	56,825
CGP2	20	5,75	15,9	14,8	101
GARAJE 19.1	20	5,75	67,47	14,8	152,57

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
152,57	244,68

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

Imáx = 244,68 A

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 para 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{244,68}{0,94} = 260,29 \text{ (A)}$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 260,29 es posible escoger una sección de 240 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

$$S = 240 \text{ mm}^2$$

$$I_{adm} = 340 \cdot 0,94 = 319,6 \text{ (A)} > I_{nom} = 260,29 \text{ (A)}$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al

-Fusible 250A > 244,68 A

-Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 77,27 m

RAMA 2 CT3-GARAJE 19.2

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P.1. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cosθ= 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
GARAJE 19.2	0	5,75	51,57	0	51,57
CGP3	10	5,75	59,52	8,5	108,395
CGP1	20	5,75	67,47	14,8	152,57

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
152,57	244,68

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$$I_{\max} = 244,68 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 -- 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{244,68}{0,94} = 260,29(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 260,29 es posible escoger una sección de 240 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

S = 240 mm²

I adm = 340*0,94 = 319,6(A) > I nom = 244,68 (A)

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
	Longitudes en metros ⁽¹⁾					

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al

-Fusible 250 A > 244,68 A

-Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 91,61m

Según la normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo debe de ser igual para las dos ramas, por tanto:

RAMA 1:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al

-Fusible 250A > 244,68 A

-Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 77,27 m

RAMA 2:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al

-Fusible 250 A > 244,68 A

-Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 91,61m

1.3.1.3.- Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menos que el 5 %.

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot (\tan \theta))$$

Donde:

$$\Delta U\% = W \cdot L \cdot K$$

Siendo:

$$K = \frac{R + X \cdot \tan \theta}{10 \cdot U^2}$$

En esta tabla tenemos el valor de la resistencia y de la impedancia para un valor determinado de sección del conductor:

Sección de fase en mm ²	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

En nuestro caso, como hemos seleccionado una sección de 240 mm², los valores de resistencia e impedancia son los siguientes:

K	R	X
0,099313125	0,125	0,07

Por tanto obtenemos:

RAMA 1:

TRAMO	POTENCIA(kw)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT3-GARAJE 19.1	152,57	8,42	0,127581553	0,127581553
GARAJE 19.1CGP2	108,395	41,54	0,447180018	0,574761572
CGP2-CGP4	51,57	27,31	0,139870291	0,714631863

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

RAMA 2:

TRAMO	POTENCIA(kw)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT3-CGP1	152,57	33,48	0,507295773	0,507295773
CGP1-CGP3	108,395	29,42	0,316707659	0,824003431
CGP3-GARAJE 19.2	51,57	28,71	0,1470405	0,971043932

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

1.3.2- Anillo 2.**1.3.2.1.- Previsión de potencia.**

TRAMO	LONGITUD(m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	POTENCIA(kw)	PxL
CT3-CGP1	3,85	20,53	65,45	1343,6885
CGP1-CGP3	46,02	66,55	65,45	4355,6975
CGP3-CGP5	29,2	95,75	65,45	6266,8375
CGP5-CGP4	16,01	111,76	65,45	7314,692
CGP4-CGP2	29,7	141,46	65,45	9258,557

-Cálculo del punto de mínima tensión:

$$p.m.t.: \frac{\sum L \cdot P}{\sum P}$$

$\sum PxL$	$\sum P$	p.m.t
28539,4725	327,25	87,21

El punto de mínima tensión se encuentra situado entre la C.G.P. 3 y la C.G.P. 5, a una distancia del Centro de Transformación de 87,21 m.

1.3.2.2- Intensidad.

RAMA 1 CT3-CGP3

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable, situado en la C.G.P.1. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cosθ= 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP3	10	5,75	7,95	8,5	56,825
CGP1	20	5,75	15,9	14,8	101

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
101	161,97

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

Imáx = 161,97 A

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 para 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{161,97}{0,94} = 172,31 \text{ (A)}$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 172,31 es posible escoger una sección de 95 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

$$S = 95 \text{ mm}^2$$

$$I_{adm} = 200 \cdot 0,94 = 188 \text{ (A)} > I_{nom} = 161,97 \text{ (A)}$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x95 + 1x50 Al

-Fusible 200A > 172,31 A

-Longitud protegida por cortocircuito 120 m > 66,55 m

RAMA 2 CT3-CGP5

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P.2. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP5	10	5,75	7,95	8,5	56,825
CGP4	20	5,75	15,9	14,8	101
CGP2	30	5,75	23,85	19,8	137,7

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
137,7	220,83

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

Imáx = 220,83 A

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 para 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{220,83}{0,94} = 234,92(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 234,92 es posible escoger una sección de 150 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,94 = 244,4(A) > I_{nom} = 220,83 (A)$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros ⁽¹⁾						

Nuestra selección de cable queda:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 250 A > 220,83 A
- Longitud protegida por cortocircuito 165 m > 65,25 m

Según la normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo debe de ser igual para las dos ramas, por tanto:

RAMA 1:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 200A > 172,31 A
- Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 66,55 m

RAMA 2:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 250 A > 220,83 A
- Longitud protegida por cortocircuito 165 m > 65,25 m

1.3.2.3.- Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menos que el 5 %.

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot (\tan \theta))$$

Donde:

$$\Delta U\% = W \cdot L \cdot K$$

Siendo:

$$K = \frac{R + X \cdot \tan \theta}{10 \cdot U^2}$$

En esta tabla tenemos el valor de la resistencia y de la impedancia para un valor determinado de sección del conductor:

Sección de fase en mm ²	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

En nuestro caso, como hemos seleccionado una sección de 150 mm², los valores de resistencia e impedancia son los siguientes:

K	R	X
0,151451563	0,206	0,075

Por tanto obtenemos:

RAMA 1:

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT3-CGP1	101	20,53	0,314039358	0,314039358
CGP1-CGP3	56,825	46,02	0,396058936	0,710098295

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

RAMA 2:

TRAMO	POTENCIA(kw)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT3-CGP2	137,7	19,54	0,407504358	0,407504358
CGP2-CGP4	101	29,7	0,454309252	0,86181361
CGP4-CGP5	56,825	16,01	0,137785823	0,999599433

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

1.4.- Centro de transformación 4:**1.4.1- Anillo 1.****1.4.1.1.- Previsión de potencia.**

TRAMO	LONGITUD(m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	POTENCIA(kw)	PxL
CT4-JARDIN 3	9,84	9,84	7,89	77,6376
JARDIN3-CGP1	38,42	48,26	18,4	887,984
CGP1-CGP2	19,5	67,76	18,4	1246,784
CGP2-CGP3	19,5	87,26	18,4	1605,584
CGP3-E.S.	9,89	97,15	10,61	1030,7615
E.S.-CGP4	21,63	118,78	18,4	2185,552
CGP4-CGP5	19,5	138,28	18,4	2544,352
CGP5-CGP6	38,44	176,72	18,4	3251,648
CGP6-CGP7	18,21	194,93	18,4	3586,712
CGP7-CGP8	36,2	231,13	18,4	4252,792
CGP8-CGP9	19,51	250,64	18,4	4611,776
CGP9-CGP10	19,51	270,15	18,4	4970,76
CGP10-CGP 11	19,51	289,66	18,4	5329,744
CGP11-CGP12	19,51	309,17	18,4	5688,728
CGP12-A.V.	61,06	370,23	20	7404,6

-Cálculo del punto de mínima tensión:

$$p.m.t.: \frac{\sum L \cdot P}{\sum P}$$

$\sum PxL$	$\sum P$	p.m.t
48675,4151	259,3	187,71

El punto de mínima tensión se encuentra situado entre la C.G.P.6 y la C.G.P.7, a una distancia del Centro de Transformación de 187,71 m.

1.4.1.2- Intensidad.

RAMA 1 CT4-CGP6

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable, situado en el Jardín 3. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP6	2	9,2	0	2	18,4
CGP5	4	9,2	0	3,8	34,96
CGP4	6	9,2	0	5,4	49,68
E.S.	6	9,2	10,61	5,4	60,29
CGP3	8	9,2	10,61	7	75,01
CGP2	10	9,2	10,61	8,5	88,81
CGP1	12	9,2	10,61	9,9	101,69
JARDÍN 3	12	9,2	18,5	9,9	109,58

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
109,58	175,73

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$I_{m\acute{a}x} = 175,73$ A

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 para 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{175,73}{0,94} = 186,95 \text{ (A)}$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1) 
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 186,95 es posible escoger una sección de 150 mm² (teniendo en cuenta el p.m.t), por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,94 = 244,4 \text{ (A)} > I_{nom} = 175,73 \text{ (A)}$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros ⁽¹⁾						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 200A > 175,73 A

-Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 176,72 m

RAMA 2 CT4-C.G.P.7

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en el Alumbrado Vial. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVIENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP7	2	9,2	0	2	18,4
CGP8	4	9,2	0	3,8	34,96
CGP9	6	9,2	0	5,4	49,68
CGP10	8	9,2	0	7	64,4
CGP11	10	9,2	0	8,5	78,2
CGP12	12	9,2	0	9,9	91,08
A.V.	12	9,2	20	9,9	111,08

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
111,08	178,14

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$I_{m\acute{a}x} = 178,14 \text{ A}$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 para 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{178,14}{0,94} = 189,51(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 189,51 es posible escoger una sección de 150 mm² (teniendo en cuenta el p.m.t), por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,94 = 244,4 \text{ (A)} > I_{nom} = 178,14 \text{ (A)}$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 200 A > 178,14 A

-Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 202,11 m

Según la normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo debe de ser igual para las dos ramas, por tanto:

RAMA 1:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 200A > 175,73 A
- Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 176,72 m

RAMA 2:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 200 A > 178,14 A
- Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 202,11 m

1.4.1.3.- Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menos que el 5 %.

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot (\tan \theta))$$

Donde:

$$\Delta U\% = W \cdot L \cdot K$$

Siendo:

$$K = \frac{R + X \cdot \tan \theta}{10 \cdot U^2}$$

En esta tabla tenemos el valor de la resistencia y de la impedancia para un valor determinado de sección del conductor:

Sección de fase en mm²	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

En nuestro caso, como hemos seleccionado una sección de 150 mm², los valores de resistencia e impedancia son los siguientes:

K	R	X
0,151451563	0,206	0,075

Por tanto obtenemos:

RAMA 1:

TRAMO	POTENCIA(kw)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT4-JARDIN3	109,58	9,84	0,163305252	0,163305252
JARDIN3-CGP1	101,69	38,42	0,591710623	0,755015875
CGP1-CGP2	88,81	19,5	0,262283059	1,017298934
CGP2-CGP3	75,01	19,5	0,221527443	1,238826377
CGP3-E.S	60,29	9,89	0,090305735	1,329132112
E.S.-CGP4	49,68	21,63	0,162746578	1,49187869
CGP4-CGP5	34,96	19,5	0,103247559	1,595126249
CGP5-CGP6	18,4	38,44	0,107121084	1,702247334

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

RAMA 2:

TRAMO	POTENCIA(kw)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT4-A.V.	111,08	26,81	0,451031053	0,451031053
A.V.-CGP12	91,08	61,06	0,84227436	1,293305412
CGP12-CGP11	78,2	19,51	0,231066923	1,524372335
CGP11-CGP10	64,4	19,51	0,190290407	1,714662742
CGP10-CGP9	49,68	19,51	0,146795457	1,861458199
CGP9-CGP8	34,96	19,51	0,103300507	1,964758705
CGP8-CGP7	18,4	36,2	0,100878857	2,065637562

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

1.4.2- Anillo 2.

1.4.2.1.- Previsión de potencia.

TRAMO	LONGITUD(m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	POTENCIA(kW)	PxL
CT4-CGP1	18,99	18,99	18,4	349,416
CGP1-CGP2	15,53	34,52	18,4	635,168
CGP2-CGP3	15,49	50,01	18,4	920,184
CGP3-CGP4	15,49	65,5	18,4	1205,2
CGP4-CGP5	15,49	80,99	18,4	1490,216
CGP5-CGP6	15,49	96,48	18,4	1775,232
CGP6-CGP7	33,12	129,6	18,4	2384,64
CGP7-CGP8	17,46	147,06	18,4	2705,904
CGP8-CGP9	17,46	164,52	18,4	3027,168
CGP9-CGP10	17,06	181,58	9,2	1670,536
CGP10-CGP11	31,03	212,61	18,4	3912,024
CGP11-CGP12	15,5	228,11	18,4	4197,224
CGP12-CGP13	15,5	243,61	18,4	4482,424
CGP13-JCGP 14	15,5	259,11	18,4	4767,624
CGP14-JCGP 15	15,5	274,61	18,4	5052,824
CGP15-JCGP 16	15,5	290,11	18,4	5338,024
CGP16-JCGP 17	44,19	334,3	18,4	6151,12

-Cálculo del punto de mínima tensión:

$$p.m.t.: \frac{\sum L \cdot P}{\sum P}$$

$\sum PxL$	$\sum P$	p.m.t
50064,928	303,6	164,9

El punto de mínima tensión se encuentra situado entre la C.G.P. 9 y la C.G.P. 10, a una distancia del Centro de Transformación de 164,9 m.

1.4.2.2- Intensidad.

RAMA 1 CT4-CGP9

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable, situado en la C.G.P.1. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cosθ= 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP9	2	9,2	0	2	18,4
CGP8	4	9,2	0	3,8	34,96
CGP7	6	9,2	0	5,4	49,68
CGP6	8	9,2	0	7	64,4
CGP5	10	9,2	0	8,5	78,2
CGP4	12	9,2	0	9,9	91,08
CGP3	14	9,2	0	11,3	103,96
CGP2	16	9,2	0	12,5	115
CGP1	18	9,2	0	13,7	126,04

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
126,04	202,13

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

Imáx = 202,13 A

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 para 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{202,13}{0,94} = 215,03 \text{ (A)}$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 215,03 (teniendo en cuenta el p.m.t), es posible escoger una sección de 150 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,94 = 244,4 \text{ (A)} > I_{nom} = 202,13 \text{ (A)}$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 250A > 202,13 A

-Longitud protegida por cortocircuito 165 m > 164,52 m

RAMA 2 CT4-CGP10

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable, situado en la C.G.P.17. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC-BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVIENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP10	1	9,2	0	1	9,2
CGP11	3	9,2	0	3	27,6
CGP12	5	9,2	0	4,6	42,32
CGP13	7	9,2	0	6,2	57,04
CGP14	9	9,2	0	7,8	71,76
CGP15	11	9,2	0	9,2	84,64
CGP 16	13	9,2	0	10,6	97,52
CGP 17	15	9,2	0	11,9	109,48

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
109,48	175,57

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

I_{máx} = 175,57 A

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 para 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{175,57}{0,94} = 186,78(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1) 
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 186,78 es posible escoger una sección de 150 mm² (teniendo en cuenta el p.m.t), por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,94 = 244,4(A) > I_{nom} = 186,78 (A)$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros ⁽¹⁾						

Nuestra selección de cable queda:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 200 A > 175,57 A
- Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 193,06 m

Según la normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo debe de ser igual para las dos ramas, por tanto:

RAMA 1:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 250A > 202,13 A
- Longitud protegida por cortocircuito 165 m > 164,52 m

RAMA 2:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 200 A > 175,57 A
- Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 193,06 m

1.4.2.3.- Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menos que el 5 %.

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot (\tan \theta))$$

Donde:

$$\Delta U\% = W \cdot L \cdot K$$

Siendo:

$$K = \frac{R + X \cdot \tan \theta}{10 \cdot U^2}$$

En esta tabla tenemos el valor de la resistencia y de la impedancia para un valor determinado de sección del conductor:

Sección de fase en mm ²	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

En nuestro caso, como hemos seleccionado una sección de 150 mm², los valores de resistencia e impedancia son los siguientes:

K	R	X
0,151451563	0,206	0,075

Por tanto obtenemos:

RAMA 1:

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT4-CGP1	120,52	18,99	0,346623375	0,346623375
CGP1-CGP2	109,48	15,53	0,257501642	0,604125016
CGP2-CGP3	97,52	15,49	0,228780428	0,832905445
CGP3-CGP4	84,64	15,49	0,198564145	1,03146959
CGP4-CGP5	71,76	15,49	0,168347862	1,199817452
CGP5-CGP6	57,04	15,49	0,133814967	1,33363242
CGP6-CGP7	42,32	33,12	0,212280326	1,545912746
CGP7CGP8	27,6	17,46	0,072983902	1,618896648
CGP8-CGP9	9,2	17,46	0,024327967	1,643224615

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

RAMA 2:

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT4-CGP17	115	40,34	0,702598944	0,702598944
CGP17-CGP16	103,96	44,19	0,695767327	1,398366271
CGP16-CGP15	91,08	15,5	0,213810229	1,6121765
CGP15-CGP14	78,2	15,5	0,183574439	1,795750938
CGP14-CGP13	64,4	15,5	0,15117895	1,946929888
CGP13-CGP12	49,68	15,5	0,116623761	2,063553649
CGP12-CGP11	34,96	15,5	0,082068573	2,145622222
CGP11-CGP10	18,4	31,03	0,086471573	2,232093795

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

1.5.- Centro de transformación 5:

1.5.1- Anillo 1.

1.5.1.1.- Previsión de potencia.

TRAMO	LONGITUD(m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	POTENCIA(kW)	PxL
CT5-CGP1	15,8	15,8	65,45	1034,11
CGP1-CGP3	42,9	58,7	65,45	3841,915
CGP3-CGP5	27,48	86,18	65,45	5640,481
CGP5-CGP4	15,57	101,75	65,45	6659,5375
CGP4-CGP2	29,03	130,78	65,45	8559,551

-Cálculo del punto de mínima tensión:

$$p.m.t.: \frac{\sum L \cdot P}{\sum P}$$

$\sum PxL$	$\sum P$	p.m.t
25735,5945	327,25	78,64

El punto de mínima tensión se encuentra situado entre la C.G.P. 3 y la C.G.P. 5, a una distancia del Centro de Transformación de 78,64 m.

1.5.1.2- Intensidad.

RAMA 1 CT5-CGP3

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable, situado en la C.G.P.1. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVIENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP3	10	5,75	7,95	8,5	56,825
CGP1	20	5,75	15,9	14,8	101

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
101	161,97

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

I_{máx} = 161,97 A

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 para 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{161,97}{0,94} = 172,31 \text{ (A)}$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 172,31 es posible escoger una sección de 95 mm² (teniendo en cuenta el p.m.t), por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

$$S = 95 \text{ mm}^2$$

$$I_{adm} = 200 \cdot 0,94 = 188 \text{ (A)} > I_{nom} = 161,97 \text{ (A)}$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x95 + 1x50 Al

-Fusible 200A > 172,31 A

-Longitud protegida por cortocircuito 120 m > 58,7 m

RAMA 2 CT5-CGP5

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable, situado en la C.G.P.2. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cosθ= 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP5	10	5,75	7,95	8,5	56,825
CGP4	20	5,75	15,9	14,8	101
CGP2	30	5,75	23,85	19,8	137,7

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
137,7	220,83

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$$I_{\max} = 220,83 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 para 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{\text{tablas}} = \frac{I}{K} = \frac{220,83}{0,94} = 234,92(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 234,92 es posible escoger una sección de 150 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

S = 150 mm²

$I_{adm} = 260 \cdot 0,94 = 244,4(A) > I_{nom} = 220,83(A)$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
	Longitudes en metros ⁽¹⁾					

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 250 A > 220,83 A

-Longitud protegida por cortocircuito 165 m > 51,82 m

Según la normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo debe de ser igual para las dos ramas, por tanto:

RAMA 1:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 200A > 172,31 A

-Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 58,7 m

RAMA 2:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 250 A > 220,83 A

-Longitud protegida por cortocircuito 165 m > 51,82 m

1.5.1.3.- Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menos que el 5 %.

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot (\tan \theta))$$

Donde:

$$\Delta U\% = W \cdot L \cdot K$$

Siendo:

$$K = \frac{R + X \cdot \tan \theta}{10 \cdot U^2}$$

En esta tabla tenemos el valor de la resistencia y de la impedancia para un valor determinado de sección del conductor:

Sección de fase en mm ²	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

En nuestro caso, como hemos seleccionado una sección de 150 mm², los valores de resistencia e impedancia son los siguientes:

K	R	X
0,151451563	0,206	0,075

Por tanto obtenemos:

RAMA 1:

TRAMO	POTENCIA(kw)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT5-CGP1	101	15,8	0,241686403	0,241686403
CGP1-CGP3	56,825	42,9	0,369207483	0,610893887

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

RAMA 2:

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT5-CGP2	137,7	17,22	0,359121036	0,359121036
CGP2-CGP4	101	19,03	0,291094447	0,650215483
CGP4-CGP5	56,825	15,57	0,13399908	0,784214563

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

1.5.2- Anillo 2.

1.5.2.1.- Previsión de potencia.

TRAMO	LONGITUD(m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	POTENCIA(kW)	PxL
CT5-CGP1	32,43	32,43	18,4	596,712
CGP1-CGP2	24,5	56,93	18,4	1047,512
CGP2-CGP3	18,3	75,23	18,4	1384,232
CGP3-CGP4	18,3	93,53	18,4	1720,952
CGP4-CGP5	18,4	111,93	18,4	2059,512
CGP5-CGP6	17,2	129,13	18,4	2375,992
CGP6-CGP7	19,65	148,78	18,4	2737,552
CGP7-CGP8	21,8	170,58	9,2	1569,336
CGP8-CGP9	38,47	209,05	18,4	3846,52
CGP9-CGP10	18,47	227,52	18,4	4186,368
CGP10-CGP 11	18,47	245,99	18,4	4526,216
CGP11-CGP12	18,4	264,39	18,4	4864,776
CGP12-CGP13	18,23	282,62	18,4	5200,208
CGP13-CGP14	49,16	331,78	18,4	6104,752

-Cálculo del punto de mínima tensión:

$$p.m.t.: \frac{\sum L \cdot P}{\sum P}$$

$\sum PxL$	$\sum P$	p.m.t
42220,64	248,4	169,97

El punto de mínima tensión se encuentra situado entre la C.G.P. 7 y la C.G.P. 8, a una distancia del Centro de Transformación de 169,97 m.

1.5.2.2- Intensidad.

RAMA 1 CT5-CGP9

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable, situado en la C.G.P.1. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVIENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP7	2	9,2	0	2	18,4
CGP6	4	9,2	0	3,8	34,96
CGP5	6	9,2	0	5,4	49,68
CGP4	8	9,2	0	7	64,4
CGP3	10	9,2	0	8,5	78,2
CGP2	12	9,2	0	9,9	91,08
CGP1	14	9,2	0	11,3	103,96

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
103,96	166,72

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

I_{máx} = 166,72 A

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 para 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{166,72}{0,94} = 177,36 \text{ (A)}$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 177,36 (teniendo en cuenta el p.m.t), es posible escoger una sección de 150 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,94 = 244,4 \text{ (A)} > I_{nom} = 166,72 \text{ (A)}$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 200A > 166,72 A

-Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 148,78 m

RAMA 2 CT5-CGP10

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable, situado en la C.G.P.14. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC-BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cosθ= 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVIENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP8	1	9,2	0	1	9,2
CGP9	3	9,2	0	3	27,6
CGP10	5	9,2	0	4,6	42,32
CGP11	7	9,2	0	6,2	57,04
CGP12	9	9,2	0	7,8	71,76
CGP13	11	9,2	0	9,2	84,64
CGP14	13	9,2	0	10,6	97,52

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
97,52	156,39

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$$I_{\text{máx}} = 156,39 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 para 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{\text{tablas}} = \frac{I}{K} = \frac{156,39}{0,94} = 166,38(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1) 
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 166,38 es posible escoger una sección de 150 mm² (teniendo en cuenta el p.m.t), por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,94 = 244,4(A) > I_{nom} = 156,39 (A)$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros ⁽¹⁾						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 200 A > 156,39 A

-Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 199,78 m

Según la normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo debe de ser igual para las dos ramas, por tanto:

RAMA 1:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 200A > 166,72 A

-Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 148,78 m

RAMA 2:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 200 A > 156,39 A

-Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 199,78 m

1.5.2.3.- Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menos que el 5 %.

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot (\tan \theta))$$

Donde:

$$\Delta U\% = W \cdot L \cdot K$$

Siendo:

$$K = \frac{R + X \cdot \tan \theta}{10 \cdot U^2}$$

En esta tabla tenemos el valor de la resistencia y de la impedancia para un valor determinado de sección del conductor:

Sección de fase en mm²	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

En nuestro caso, como hemos seleccionado una sección de 150 mm², los valores de resistencia e impedancia son los siguientes:

K	R	X
0,151451563	0,206	0,075

Por tanto obtenemos:

RAMA 1:

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT5-CGP1	103,96	32,43	0,510607251	0,510607251
CGP1-CGP2	91,08	24,5	0,337958104	0,848565355
CGP2-CGP3	78,2	18,3	0,216736273	1,065301628
CGP3-CGP4	64,4	18,3	0,178488695	1,243790323
CGP4-CGP5	49,68	18,4	0,138443691	1,382234014
CGP5-CGP6	34,96	17,2	0,091069642	1,473303656
CGP6-CGP7	18,4	19,65	0,054758827	1,528062483

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

RAMA 2:

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT5-CGP14	97,52	38,58	0,569809485	0,569809485
CGP14-CGP13	84,64	49,16	0,63017517	1,199984655
CGP13-CGP12	71,76	18,23	0,198126632	1,398111287
CGP12-CGP11	57,04	18,4	0,158953867	1,557065154
CGP11-CGP10	42,32	18,47	0,118382174	1,675447328
CGP10-CGP9	17,6	18,47	0,049232662	1,724679991
CGP9-CGP8	9,2	38,47	0,053602343	1,778282333

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

1.6.- Centro de transformación 6:

1.6.1- Anillo 1.

1.6.1.1.- Previsión de potencia.

TRAMO	LONGITUD(m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	POTENCIA(kW)	PxL
CT6-CGP1	94,51	94,51	18,4	1738,984
CGP1-CGP2	16,8	111,31	18,4	2048,104
CGP2-CGP3	16,8	128,11	18,4	2357,224
CGP3-CGP4	16,8	144,91	18,4	2666,344
CGP4-CGP5	49,22	194,13	18,4	3571,992
CGP5-CGP6	17,64	211,77	18,4	3896,568
CGP6-CGP7	18,43	230,2	9,2	2117,84
CGP7-CGP8	36,62	266,82	18,4	4909,488
CGP8-CGP9	16,8	283,62	18,4	5218,608
CGP9-CGP10	16,8	300,42	18,4	5527,728
CGP10-CGP11	16,8	317,22	18,4	5836,848
CGP11-CGP 12	40,27	357,49	18,4	6577,816

-Cálculo del punto de mínima tensión:

$$p.m.t.: \frac{\sum L \cdot P}{\sum P}$$

$\sum PxL$	$\sum P$	p.m.t
46467,544	211,6	219,6

El punto de mínima tensión se encuentra situado entre la C.G.P.6 y la C.G.P.7, a una distancia del Centro de Transformación de 219,6 m.

1.6.1.2- Intensidad.

RAMA 1 CT6-CGP6

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable, situado en la C.G.P.1. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

$$U=400 \text{ V}$$

$$\cos\theta= 0,9$$

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP6	2	9,2	0	2	18,4
CGP5	4	9,2	0	3,8	34,96
CGP4	6	9,2	0	5,4	49,68
CGP3	8	9,2	0	7	64,4
CGP2	10	9,2	0	8,5	78,2
CGP1	12	9,2	0	9,9	91,08

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
91,08	146,06

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$I_{m\acute{a}x} = 146,06 \text{ A}$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,74 para 4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{146,06}{0,74} = 197,39 \text{ (A)}$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1) 
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 197,39 es posible escoger una sección de 150 mm² (teniendo en cuenta el p.m.t), por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,94 = 244,4 \text{ (A)} > I_{nom} = 146,06 \text{ (A)}$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 160A > 146,06 A

-Longitud protegida por cortocircuito 285 m > 211,77 m

RAMA 2 CT6-CGP7

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable, situado en la C.G.P.12. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC-BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVIENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP7	1	9,2	0	1	9,2
CGP8	3	9,2	0	3	27,6
CGP9	5	9,2	0	4,6	42,32
CGP10	7	9,2	0	6,2	57,04
CGP11	9	9,2	0	7,8	71,76
CGP12	11	9,2	0	9,2	84,64

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
84,64	135,74

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

Imáx = 135,74 A

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,74 para 4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{135,74}{0,94} = 183,43(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 183,43 es posible escoger una sección de 150 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,94 = 244,4(A) > I_{nom} = 135,74 (A)$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros ⁽¹⁾						

Nuestra selección de cable queda:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 160 A > 135,74 A
- Longitud protegida por cortocircuito 285 m > 236,24 m

Según la normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo debe de ser igual para las dos ramas, por tanto:

RAMA 1:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 160A > 146,06 A
- Longitud protegida por cortocircuito 285 m > 211,77 m

RAMA 2:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 160 A > 135,74 A
- Longitud protegida por cortocircuito 285 m > 236,24 m

1.6.1.3.- Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menos que el 5 %.

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot (\tan \theta))$$

Donde:

$$\Delta U\% = W \cdot L \cdot K$$

Siendo:

$$K = \frac{R + X \cdot \tan \theta}{10 \cdot U^2}$$

En esta tabla tenemos el valor de la resistencia y de la impedancia para un valor determinado de sección del conductor:

Sección de fase en mm²	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

En nuestro caso, como hemos seleccionado una sección de 150 mm², los valores de resistencia e impedancia son los siguientes:

K	R	X
0,151451563	0,206	0,075

Por tanto obtenemos:

RAMA 1:

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT6-CGP1	91,08	94,51	1,303690628	1,303690628
CGP1-CGP2	78,2	16,8	0,198971005	1,502661632
CGP2-CGP3	64,4	16,8	0,163858475	1,666520107
CGP3-CGP4	49,68	16,8	0,126405109	1,792925216
CGP4-CGP5	34,96	49,22	0,260607429	2,053532645
CGP5-CGP6	18,4	17,74	0,049436213	2,102968858

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

RAMA 2:

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT6-CGP12	84,64	108,95	1,396614824	1,396614824
CGP12-CGP11	71,76	40,27	0,437660969	1,834275794
CGP11-CGP10	57,04	16,8	0,145131792	1,979407585
CGP10-CGP9	42,32	16,8	0,107678426	2,087086011
CGP9-CGP8	27,6	16,8	0,070225061	2,157311072
CGP8-CGP7	9,2	36,62	0,051024637	2,208335709

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

1.6.2- Anillo 2.**1.6.2.1.- Previsión de potencia.**

TRAMO	LONGITUD(m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	POTENCIA(kW)	PxL
CT6-CGP1	20,33	20,33	65,45	1330,5985
CGP1-CGP3	25,4	45,73	65,45	2993,0285
CGP3-CGP5	42,11	87,84	65,45	5749,128
CGP5-CGP4	32,89	120,73	65,45	7901,7785
CGP4-CGP2	25,4	146,13	65,45	9564,2085

-Cálculo del punto de mínima tensión:

$$p.m.t.: \frac{\sum L \cdot P}{\sum P}$$

ΣPxL	ΣP	p.m.t
27538,742	327,25	84,15

El punto de mínima tensión se encuentra situado entre la C.G.P. 3 y la C.G.P. 5, a una distancia del Centro de Transformación de 84,15 m.

1.6.2.2- Intensidad.

RAMA 1 CT6-CGP3

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable, situado en la C.G.P.1. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP3	10	5,75	7,95	8,5	56,825
CGP1	20	5,75	15,9	14,8	101

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
101	161,97

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

Imáx = 161,97 A

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 para 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{161,97}{0,94} = 172,31 \text{ (A)}$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1) 
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 172,31 es posible escoger una sección de 95 mm² (teniendo en cuenta el p.m.t), por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

$$S = 95 \text{ mm}^2$$

$$I_{adm} = 200 \cdot 0,94 = 188 \text{ (A)} > I_{nom} = 161,97 \text{ (A)}$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x95 + 1x50 Al

-Fusible 200A > 172,31 A

-Longitud protegida por cortocircuito 120 m > 45,73 m

RAMA 2 CT6-CGP5

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable, situado en la C.G.P.2. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cosθ= 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP5	10	5,75	7,95	8,5	56,825
CGP4	20	5,75	15,9	14,8	101
CGP2	30	5,75	23,85	19,8	137,7

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
137,7	220,83

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$$I_{\max} = 220,83 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 para 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{\text{tablas}} = \frac{I}{K} = \frac{220,83}{0,94} = 234,92(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 234,92 es posible escoger una sección de 150 mm² (teniendo en cuenta el p.m.t), por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

S = 150 mm²

I adm = 260*0,94 = 244,4(A) > I nom = 220,83 (A)

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
	Longitudes en metros ⁽¹⁾					

Nuestra selección de cable queda:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 250 A > 220,83 A
- Longitud protegida por cortocircuito 165 m > 89,15 m

Según la normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo debe de ser igual para las dos ramas, por tanto:

RAMA 1:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 200A > 172,31 A
- Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 45,73 m

RAMA 2:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 250 A > 220,83 A

-Longitud protegida por cortocircuito 165 m > 89,15 m

1.6.2.3.- Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menos que el 5 %.

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot (\tan \theta))$$

Donde:

$$\Delta U\% = W \cdot L \cdot K$$

Siendo:

$$K = \frac{R + X \cdot \tan \theta}{10 \cdot U^2}$$

En esta tabla tenemos el valor de la resistencia y de la impedancia para un valor determinado de sección del conductor:

Sección de fase en mm ²	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

En nuestro caso, como hemos seleccionado una sección de 150 mm², los valores de resistencia e impedancia son los siguientes:

K	R	X
0,151451563	0,206	0,075

Por tanto obtenemos:

RAMA 1:

TRAMO	POTENCIA(kw)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT6-CGP1	101	20,33	0,310980037	0,310980037
CGP 1-CGP3	56,825	25,4	0,21859837	0,529578407

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

RAMA 2:

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT6-CGP2	137,7	30,86	0,643581602	0,643581602
CGP2-CGP4	101	25,4	0,388533838	1,03211544
CGP4-CGP5	56,825	32,89	0,28305907	1,31517451

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

1.7.- Centro de transformación 7:

1.7.1- Anillo 1.

1.7.1.1.- Previsión de potencia.

TRAMO	LONGITUD(m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	POTENCIA(kW)	PxL
CT7-CGP1	75,42	75,42	18,4	1387,728
CGP1-CGP2	31,6	107,02	18,4	1969,168
CGP2-CGP3	31,7	138,72	18,4	2552,448
CGP3-CGP4	31,63	170,35	18,4	3134,44
CGP4-CGP5	32,34	202,69	18,4	3729,496
CGP5-CGP6	31,61	234,3	18,4	4311,12
CGP6-CGP7	70,71	305,01	18,4	5612,184
CGP7-CGP8	31,09	336,1	18,4	6184,24
CGP8-CGP9	31,11	367,21	18,4	6756,664
CGP9-CGP10	31,52	398,73	18,4	7336,632
CGP10-CGP11	31,49	430,22	18,4	7916,048
CGP 11- CGP12	31,52	461,74	18,4	8496,016
CGP12-A.V.	14,54	476,28	20	9525,6
A.V.-JARDIN 6	10,55	486,83	21,55	10491,1865

-Cálculo del punto de mínima tensión:

$$p.m.t.: \frac{\sum L \cdot P}{\sum P}$$

ΣPxL	ΣP	p.m.t
79402,9705	262,35	302,66

El punto de mínima tensión se encuentra situado entre la C.G.P.6 y la C.G.P.7, a una distancia del Centro de Transformación de 302,66 m.

1.7.1.2- Intensidad.

RAMA 1 CT7-CGP6

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable, situado en la C.G.P.1. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP6	2	9,2	0	2	18,4
CGP5	4	9,2	0	3,8	34,96
CGP4	6	9,2	0	5,4	49,68
CGP3	8	9,2	0	7	64,4
CGP2	10	9,2	0	8,5	78,2
CGP1	12	9,2	0	9,9	91,08

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
91,08	146,06

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

I_{máx} = 146,06 A

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 para 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{146,06}{0,94} = 155,38 \text{ (A)}$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1) 
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 155,38 es posible escoger una sección de 150 mm² (teniendo en cuenta el p.m.t), por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,94 = 244,4 \text{ (A)} > I_{nom} = 146,06 \text{ (A)}$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 160A > 146,06 A

-Longitud protegida por cortocircuito 285 m > 234,3 m

RAMA 2 CT7-CGP7

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable, situado en el Jardín 6. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cosθ= 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP7	2	9,2	0	2	18,4
CGP8	4	9,2	0	3,8	34,96
CGP9	6	9,2	0	5,4	49,68
CGP10	8	9,2	0	7	64,4
CGP11	10	9,2	0	8,5	78,2
CGP12	12	9,2	0	9,9	91,08
A.V	12	9,2	20	9,9	111,08
JARDÍN 6	12	9,2	21,55	9,9	112,63

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
112,63	180,63

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$I_{m\acute{a}x} = 180,63 \text{ A}$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 para 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{180,63}{0,94} = 192,15(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1) 
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 192,15 es posible escoger una sección de 150 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,94 = 244,4(A) > I_{nom} = 180,63 (A)$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 200 A > 180,63 A

-Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 190,74 m

Según la normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo debe de ser igual para las dos ramas, por tanto:

RAMA 1:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 160A > 146,06 A
- Longitud protegida por cortocircuito 285 m > 234,3 m

RAMA 2:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 200 A > 180,63 A
- Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 190,74 m

1.7.1.3.- Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menos que el 5 %.

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot (\tan \theta))$$

Donde:

$$\Delta U\% = W \cdot L \cdot K$$

Siendo:

$$K = \frac{R + X \cdot \tan \theta}{10 \cdot U^2}$$

En esta tabla tenemos el valor de la resistencia y de la impedancia para un valor determinado de sección del conductor:

Sección de fase en mm²	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

En nuestro caso, como hemos seleccionado una sección de 150 mm², los valores de resistencia e impedancia son los siguientes:

K	R	X
0,151451563	0,206	0,075

Por tanto obtenemos:

RAMA 1:

TRAMO	POTENCIA(kw)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT7-CGP1	91,08	75,42	1,040359191	1,040359191
CGP1-CGP2	78,2	31,6	0,374254985	1,414614176
CGP-CGP3	64,4	31,7	0,309185336	1,723799512
CGP3-CGP4	49,68	31,73	0,238740125	1,962539637
CGP4-CGP5	34,96	32,34	0,171232106	2,133771743
CGP5-CGP6	18,4	31,61	0,088087864	2,221859607

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

RAMA 2:

TRAMO	POTENCIA(kw)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT7-JARDÍN 6	132,63	8,92	0,179176225	0,179176225
JARDÍN 6-A.V.	111,08	10,55	0,177485177	0,356661402
A.V.-CGP12	91,08	14,54	0,200567789	0,557229191
CGP12-CGP11	78,2	31,52	0,373307504	0,930536695
CGP11-CGP10	64,4	31,49	0,307137105	1,2376738
CGP10-CGP9	49,68	31,52	0,237160061	1,474833862
CGP9-CGP8	34,96	31,11	0,164719568	1,639553429
CGP8-CGP7	18,4	31,09	0,086638775	1,726192204

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

1.7.2- Anillo 2.

1.7.2.1.- Previsión de potencia.

TRAMO	LONGITUD(m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	POTENCIA(kW)	PxL
CT7-EJ1	69,32	69,32	50,47	3498,5804
EJ1-EJ2	49,52	118,84	50,47	5997,8548
EJ2-CGP1	105,8	224,64	18,4	4133,376
CGP1-CGP2	17,09	241,73	18,4	4447,832
CGP2-CGP3	17,09	258,82	18,4	4762,288
CGP3-CGP4	17,09	275,91	18,4	5076,744
CGP4-CGP5	17,09	293	18,4	5391,2
CGP5-CGP6	47,12	340,12	18,4	6258,208
CGP6-CGP7	47,08	387,2	18,4	7124,48
CGP7-CG8	18,41	405,61	18,4	7463,224
CGP8-CGP9	18,35	423,96	18,4	7800,864
CGP9-CGP10	18,36	442,32	18,4	8138,688
CGP10-CGP 11	18,44	460,76	18,4	8477,984

-Cálculo del punto de mínima tensión:

$$p.m.t.: \frac{\sum L \cdot P}{\sum P}$$

$\sum PxL$	$\sum P$	p.m.t
78571,3232	303,34	259,02

El punto de mínima tensión se encuentra situado entre la C.G.P. 3 y la C.G.P. 4, a una distancia del Centro de Transformación de 259,02 m.

1.7.2.2- Intensidad.

RAMA 1 CT7-CGP3

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable, situado en el Equipamiento Juvenil 1. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVIENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP3	2	9,2	0	2	18,4
CGP2	4	9,2	0	3,8	34,96
CGP1	6	9,2	0	3,8	34,96
EJ2	6	9,2	50,47	3,8	85,43
EJ1	6	9,2	100,94	4,7	144,18

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
144,18	231,22

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$$I_{\max} = 231,22 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 para 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{\text{tablas}} = \frac{I}{K} = \frac{231,22}{0,94} = 245,98 \text{ (A)}$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1) 
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 245,98 es posible escoger una sección de 240 mm² (teniendo en cuenta el p.m.t), por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

$$S = 240 \text{ mm}^2$$

$$I_{adm} = 340 \cdot 0,94 = 319,6 \text{ (A)} > I_{nom} = 231,22 \text{ (A)}$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al

-Fusible 250A > 231,22 A

-Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 258,82 m

RAMA 2 CT7-CGP4

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable, situado en la C.G.P.11. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC-BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVIENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP4	2	9,2	0	2	18,4
CGP5	4	9,2	0	3,8	34,96
CGP6	6	9,2	0	5,4	49,68
CGP7	8	9,2	0	7	64,4
CGP8	10	9,2	0	8,5	78,2
CGP9	12	9,2	0	9,9	91,08
CGP10	14	9,2	0	11,3	103,96
CGP11	16	9,2	0	12,5	115

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
115	184,43

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

I_{máx} = 184,43 A

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 para 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{184,43}{0,94} = 196,2(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 196,2 es posible escoger una sección de 240 mm² (teniendo en cuenta el p.m.t), por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

$$S = 240 \text{ mm}^2$$

$$I_{adm} = 340 \cdot 0,94 = 319,6(A) > I_{nom} = 184,43 (A)$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros ⁽¹⁾						

Nuestra selección de cable queda:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al
- Fusible 200 A > 184,43 A
- Longitud protegida por cortocircuito 345 m > 335,47 m

Según la normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo debe de ser igual para las dos ramas, por tanto:

RAMA 1:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al
- Fusible 250A > 231,22 A
- Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 258,82 m

RAMA 2:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al
- Fusible 200 A > 184,43 A
- Longitud protegida por cortocircuito 345 m > 335,47 m

1.7.2.3.- Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menos que el 5 %.

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot (\tan \theta))$$

Donde:

$$\Delta U\% = W \cdot L \cdot K$$

Siendo:

$$K = \frac{R + X \cdot \tan \theta}{10 \cdot U^2}$$

En esta tabla tenemos el valor de la resistencia y de la impedancia para un valor determinado de sección del conductor:

Sección de fase en mm ²	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

En nuestro caso, como hemos seleccionado una sección de 240 mm², los valores de resistencia e impedancia son los siguientes:

K	R	X
0,099313125	0,125	0,07

Por tanto obtenemos:

RAMA 1:

TRAMO	POTENCIA(kw)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT7-EJ 1	150,62	69,32	1,036926193	1,036926193
EJ1- EJ2	100,15	49,52	0,492536293	1,529462486
EJ2-CGP1	49,68	105,8	0,522004086	2,051466572
CGP1-CGP2	34,96	17,09	0,059336255	2,110802827
CGP2-CGP3	18,4	17,09	0,031229608	2,142032435

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

RAMA 2:

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT7-CGP11	115	150,62	1,720232432	1,720232432
CGP 11- CGP10	103,96	18,44	0,190385485	1,910617917
CGP10-CGP9	91,08	18,36	0,166074268	2,076692185
CGP9-CGP8	78,2	18,35	0,142511355	2,21920354
CGP8-CGP7	64,4	18,41	0,117746038	2,336949578
CGP7-CGP6	49,68	47,08	0,232286884	2,569236463
CGP6-CGP5	64,96	47,12	0,303989054	2,873225517
CGP5-CGP4	18,4	17,09	0,031229608	2,904455125

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

1.8.- Centro de transformación 8:**1.8.1- Anillo 1.****1.8.1.1.- Previsión de potencia.**

TRAMO	LONGITUD(m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	POTENCIA(kW)	PxL
CT8-GARAJE 8	119,47	119,47	36,7	4384,549
GARAJE8- CGP2	26,83	146,3	65,45	9575,335
CGP2-CGP3	15,44	161,74	65,45	10585,883
CGP3-CGP1	30,48	192,22	65,45	12580,799

-Cálculo del punto de mínima tensión:

$$p.m.t.: \frac{\sum L \cdot P}{\sum P}$$

$\sum PxL$	$\sum P$	p.m.t
37126,566	233,05	159,3

El punto de mínima tensión se encuentra situado entre la C.G.P. 2 y la C.G.P. 3, a una distancia del Centro de Transformación de 150,03 m.

1.8.1.2- Intensidad.

RAMA 1 CT8-CGP2

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P. Garaje 8. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP2	10	5,75	7,95	8,5	56,825
GARAJE 8	10	5,75	44,65	8,5	93,525

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
93,25	149,54

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

I_{máx} = 149,54 A

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,74 -- 4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{149,54}{0,74} = 202,08(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 202,08 es posible escoger una sección de 150 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,74 = 192,4 (A) > I_{nom} = 149,54 (A)$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros ⁽¹⁾						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 160A > 149,54 A

-Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 146,3 m

RAMA 2 CT8-CGP3

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P.1. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cosθ= 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP3	10	5,75	7,95	8,5	56,825
CGP1	20	5,75	15,9	14,8	101

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
101	161,97

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$$I_{\max} = 161,97 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,74 -- 4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{\text{tablas}} = \frac{I}{K} = \frac{161,97}{0,74} = 218,87(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1) 
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 218,87 es posible escoger una sección de 150 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,74 = 192,4 \text{ (A)} > I_{nom} = 161,97 \text{ (A)}$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 200A > 161,97 A

-Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 161,26 m

Según la normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo debe ser igual para las dos ramas, por tanto:

RAMA 1:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 160A > 149,54 A

-Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 146,3 m

RAMA 2:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 200A > 170 A

-Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 161,26 m

1.8.1.3.- Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menos que el 5 %.

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot (\tan \theta))$$

Donde:

$$\Delta U\% = W \cdot L \cdot K$$

Siendo:

$$K = \frac{R + X \cdot \tan \theta}{10 \cdot U^2}$$

En esta tabla tenemos el valor de la resistencia y de la impedancia para un valor determinado de sección del conductor:

Sección de fase en mm ²	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

En nuestro caso, como hemos seleccionado una sección de 150 mm², los valores de resistencia e impedancia son los siguientes:

K	R	X
0,151451563	0,206	0,075

Por tanto obtenemos:

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT8-GARAJE 8	93,525	119,47	1,692233697	1,692233697
GARAJE 8-CGP2	56,825	26,83	0,230905286	1,923138983

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT8-CGP1	101	130,78	2,00049037	2,00049037
CGP1-CGP3	56,825	30,48	0,262318044	2,262808414

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

1.8.2- Anillo 2.

1.8.2.1.- Previsión de potencia.

TRAMO	LONGITUD(m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	POTENCIA(kW)	PxL
CT8-JARDIN 4	8,29	8,29	8,55	70,8795
JARDIN 4-CGP1	20,12	28,41	65,45	1859,4345
CGP1-CGP3	33,5	61,91	65,45	4052,0095
CGP3-CGP5	43,72	105,63	65,45	6913,4835
CGP5-CGP4	14,23	119,86	65,45	7844,837
CGP4-CGP2	49,37	169,23	65,45	11076,1035

-Cálculo del punto de mínima tensión:

$$p.m.t.: \frac{\sum L \cdot P}{\sum P}$$

ΣPxL	ΣP	p.m.t
31816,7475	335,8	94,74

El punto de mínima tensión se encuentra situado entre la C.G.P. 3 y la C.G.P. 5, a una distancia del Centro de Transformación de 94,749 m.

1.8.2.2- Intensidad.

RAMA 1 CT8-CGP3

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P. Jardín 4. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVIENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP3	10	5,75	7,95	8,5	56,825
CGP1	20	5,75	15,9	14,8	101
JARDIN4	20	5,75	24,45	14,8	109,55

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
109,55	175,69

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

Imáx = 175,69 A

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,85 para 4 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{175,69}{0,74} = 237,41(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 175,92 es posible escoger una sección de 150 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,74 = 192,4 (A) > I_{nom} = 175,69 (A)$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al
- Fusible 200A > 175,69 A
- Longitud protegida por cortocircuito 345 m > 61,91 m

RAMA 2 CT8-CGP5

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P.2. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cosθ= 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP5	10	5,75	7,95	8,5	56,825
CGP4	20	5,75	15,9	14,8	101
CGP2	30	5,75	23,85	19,8	137,7

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
137,7	220,83

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$$I_{\max} = 220,83 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,74 para 4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{\text{tablas}} = \frac{I}{K} = \frac{220,83}{0,74} = 298,41(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1) 
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 298,41 es posible escoger una sección de 240 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

$$S = 240 \text{ mm}^2$$

$$I_{adm} = 340 \cdot 0,74 = 251,6 \text{ (A)} > I_{nom} = 220,83 \text{ (A)}$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros ⁽¹⁾						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al

-Fusible 250A > 221 A

-Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 107,43 m

Según la normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo debe ser igual para las dos ramas, por tanto:

RAMA 1:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al

-Fusible 200A > 175,69 A

-Longitud protegida por cortocircuito 345 m > 61,91 m

RAMA 2:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al

-Fusible 250A > 221 A

-Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 107,43 m

1.8.2.3.- Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menos que el 5 %.

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot (\tan \theta))$$

Donde:

$$\Delta U\% = W \cdot L \cdot K$$

Siendo:

$$K = \frac{R + X \cdot \tan \theta}{10 \cdot U^2}$$

En esta tabla tenemos el valor de la resistencia y de la impedancia para un valor determinado de sección del conductor:

Sección de fase en mm ²	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

En nuestro caso, como hemos seleccionado una sección de 150 mm², los valores de resistencia e impedancia son los siguientes:

K	R	X
0,151451563	0,206	0,075

Por tanto obtenemos:

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT8-JARDÍN 4	109,55	8,29	0,090193151	0,090193151
JARDÍN 4-CGP1	101	20,12	0,201816188	0,292009339
CGP1-CGP3	56,825	33,5	0,189056189	0,27924934

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT8-CGP2	137,7	43,83	0,599393541	0,599393541
CGP2-CGP4	101	49,37	0,495211987	1,094605528
CGP4-CGP5	56,825	14,23	0,080306554	1,174912082

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

1.9.- Centro de transformación 9:

1.9.1- Anillo 1.

1.9.1.1.- Previsión de potencia.

TRAMO	LONGITUD(m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	POTENCIA(kW)	PxL
CT9-CGP1	26,65	26,65	18,4	490,36
CGP1-CGP3	96,25	122,9	18,4	2261,36
CGP3-CGP5	69,08	191,98	18,4	3532,432
CGP5-CGP7	69,08	261,06	18,4	4803,504
CGP7-CGP9	69,08	330,14	18,4	6074,576
CGP9-CGP8	34,03	364,17	18,4	6700,728
CGP8-CGP6	69,08	433,25	18,4	7971,8
CGP6-CGP4	69,08	502,33	18,4	9242,872
CGP4-CGP2	69,08	571,41	18,4	10513,944

-Cálculo del punto de mínima tensión:

$$p.m.t.: \frac{\sum L \cdot P}{\sum P}$$

$\sum PxL$	$\sum P$	p.m.t
51591,576	165,6	311,54

El punto de mínima tensión se encuentra situado entre la C.G.P. 7 y la C.G.P. 9, a una distancia del Centro de Transformación de 311,54 m.

1.9.1.2- Intensidad.

RAMA 1 CT9-CGP7

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P. 1. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVIENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP7	2	9,2	0	2	18,4
CGP5	4	9,2	0	3,8	34,96
CGP3	6	9,2	0	5,4	49,68
CGP1	8	9,2	0	7	64,4

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
64,4	103,28

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

I_{máx} = 103,28 A

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 -- 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{103,28}{0,94} = 109,87(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 109,87 es posible escoger una sección de 150 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,94 = 244,4 (A) > I_{nom} = 103,28 (A)$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 160A > 103,28 A

-Longitud protegida por cortocircuito 285 m > 261,06 m

RAMA 2 CT9-CGP9

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P.2. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cosθ= 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP9	2	9,2	0	2	18,4
CGP8	4	9,2	0	3,8	34,96
CGP6	6	9,2	0	5,4	49,68
CGP4	8	9,2	0	7	64,4
CGP2	10	9,2	0	8,5	78,2

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
78,2	125,41

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$$I_{\text{máx}} = 125,41 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 para 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{\text{tablas}} = \frac{I}{K} = \frac{125,41}{0,94} = 133,41(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1) 
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 133,41 es posible escoger una sección de 240 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

$$S = 240 \text{ mm}^2$$

$$I_{adm} = 340 \cdot 0,94 = 319,6 \text{ (A)} > I_{nom} = 125,41 \text{ (A)}$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al
- Fusible 160A > 125,41 A
- Longitud protegida por cortocircuito 455 m > 333,92 m

Según la normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo debe ser igual para las dos ramas, por tanto:

RAMA 1:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al
- Fusible 160A > 103,28 A
- Longitud protegida por cortocircuito 455 m > 261,06 m

RAMA 2:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al
- Fusible 160A > 125,41 A
- Longitud protegida por cortocircuito 455 m > 333,92 m

1.9.1.3.- Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menos que el 5 %.

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot (\tan \theta))$$

Donde:

$$\Delta U\% = W \cdot L \cdot K$$

Siendo:

$$K = \frac{R + X \cdot \tan \theta}{10 \cdot U^2}$$

En esta tabla tenemos el valor de la resistencia y de la impedancia para un valor determinado de sección del conductor:

Sección de fase en mm ²	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

En nuestro caso, como hemos seleccionado una sección de 240 mm², los valores de resistencia e impedancia son los siguientes:

K	R	X
0,099313125	0,125	0,07

Por tanto obtenemos:

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT9-CGP1	64,4	26,65	0,170447144	0,170447144
CGP1-CGP3	49,68	96,25	0,47488557	0,645332714
CGP3-CGP5	34,96	69,08	0,239844852	0,885177565
CGP5-CGP7	18,4	69,08	0,126234132	1,011411698

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT9-CGP2	78,2	92,65	0,719546433	0,719546433
CGP2-CGP4	64,4	69,08	0,441819463	1,161365896
CGP4-CGP6	49,68	69,08	0,340832158	1,502198054
CGP6-CGP8	34,96	69,08	0,239844852	1,742042905
CGP8-CGP9	18,4	34,03	0,062185112	1,804228017

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

1.9.2- Anillo 2.

1.9.2.1.- Previsión de potencia.

TRAMO	LONGITUD(m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	POTENCIA(kW)	PxL
CT9-CGP1	82,32	82,32	65,45	5387,844
CGP1-CGP3	29,29	111,61	65,45	7304,8745
CGP3-CGP5	27,35	138,96	65,45	9094,932
CGP5-CGP6	13,12	152,08	65,45	9953,636
CGP6-CGP4	28,32	180,4	65,45	11807,18
CGP4-CGP2	27,33	207,73	65,45	13595,9285

-Cálculo del punto de mínima tensión:

$$p.m.t.: \frac{\sum L \cdot P}{\sum P}$$

$\sum PxL$	$\sum P$	p.m.t
57144,395	392,7	145,51

El punto de mínima tensión se encuentra situado entre la C.G.P. 5 y la C.G.P. 6, a una distancia del Centro de Transformación de 145,51 m.

1.9.2.2- Intensidad.

RAMA 1 CT9-CGP5

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P. 1. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVIENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP5	10	5,75	7,95	8,5	56,825
CGP3	20	5,75	15,9	14,8	101
CGP1	30	5,75	23,85	19,8	137,7

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
137,7	220,83

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

Imáx = 220,83 A

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,74 para 4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{220,83}{0,74} = 298,41(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 298,41 es posible escoger una sección de 240 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

$$S = 240 \text{ mm}^2$$

$$I_{adm} = 340 \cdot 0,74 = 251,6 (A) > I_{nom} = 220,83 (A)$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros ⁽¹⁾						

Nuestra selección de cable queda:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al
- Fusible 250A > 220,83 A
- Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 138,96 m

RAMA 2 CT9-CGP6

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P.2. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cosθ= 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP6	10	5,75	7,95	8,5	56,825
CGP4	20	5,75	15,9	14,8	101
CGP2	30	5,75	23,85	19,8	137,7

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
137,7	220,83

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$$I_{\max} = 220,83 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,85 para 4 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{220,83}{0,74} = 298,41(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 259,8 es posible escoger una sección de 240 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

S = 240 mm²

I adm = 340*0,74 = 251,6 (A) > I nom = 220,83 (A)

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
	Longitudes en metros ⁽¹⁾					

Nuestra selección de cable queda:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al
- Fusible 250A > 220,83 A
- Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 155,09 m

Según la normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo debe ser igual para las dos ramas, por tanto:

RAMA 1:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al
- Fusible 250A > 220,83 A
- Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 138,96 m

RAMA 2:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al

-Fusible 250A > 220,83 A

-Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 155,09 m

1.9.2.3.- Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menos que el 5 %.

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot (\tan \theta))$$

Donde:

$$\Delta U\% = W \cdot L \cdot K$$

Siendo:

$$K = \frac{R + X \cdot \tan \theta}{10 \cdot U^2}$$

En esta tabla tenemos el valor de la resistencia y de la impedancia para un valor determinado de sección del conductor:

Sección de fase en mm²	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

En nuestro caso, como hemos seleccionado una sección de 240 mm², los valores de resistencia e impedancia son los siguientes:

K	R	X
0,099313125	0,125	0,07

Por tanto obtenemos:

TRAMO	POTENCIA(kw)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT9-CGP1	137,7	82,32	1,125760353	1,125760353
CGP1-CGP6	101	29,29	0,293797025	1,419557378
CGP6-CGP3	56,825	27,35	0,154348859	1,573906236

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

TRAMO	POTENCIA(kw)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT9-CGP2	137,7	99,44	1,359883498	1,359883498
CGP2-CGP4	101	27,33	0,274136998	1,634020496
CGP4-CGP5	56,825	28,32	0,159823023	1,793843519

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

1.10.- Centro de transformación 10:

1.10.1- Anillo 1.

1.10.1.1.- Previsión de potencia.

TRAMO	LONGITUD(m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	POTENCIA(kw)	PxL
CT10-CGP1	24,66	24,66	18,4	453,744
CGP1-CGP2	17,5	42,16	18,4	775,744
CGP2-CGP3	17,5	59,66	18,4	1097,744
CGP3-CGP4	17,5	77,16	18,4	1419,744
CGP4-CGP5	46,4	123,56	18,4	2273,504
CGP5-CGP6	18,13	141,69	18,4	2607,096
CGP6-CGP7	44,06	185,75	18,4	3417,8
CGP7-CGP8	17,5	203,25	18,4	3739,8
CGP8-CGP9	17,5	220,75	18,4	4061,8
CGP9-CGP10	17,5	238,25	18,4	4383,8
CGP10-CGP11	48,11	286,36	18,4	5269,024
CGP11-CGP 12	22,58	308,94	18,4	5684,496
CGP12-CGP13	24,16	333,1	18,4	6129,04
CGP13-CGP14	29,12	362,22	18,4	6664,848
CGP14-CGP15	15,62	377,84	18,4	6952,256
CGP15-CGP16	39,99	417,83	18,4	7688,072
CGP16-CGP17	14,86	432,69	18,4	7961,496
CGP17-CGP18	14,83	447,52	18,4	8234,368
CGP18-CGP19	37,31	484,83	18,4	8920,872
CGP19-CGP20	15,6	500,43	18,4	9207,912

-Cálculo del punto de mínima tensión:

$$p.m.t.: \frac{\sum L \cdot P}{\sum P}$$

$\Sigma P \times L$	ΣP	p.m.t
87735,248	368	238,411

El punto de mínima tensión se encuentra situado entre la C.G.P. 9 y la C.G.P. 10, a una distancia del Centro de Transformación de 238,41 m.

1.10.1.2- Intensidad.

RAMA 1 CT1-CGP9

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P.1. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVIENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP10	2	9,2	0	2	18,4
CGP9	4	9,2	0	3,8	34,96
CGP8	6	9,2	0	5,4	49,68
CGP7	8	9,2	0	7	64,4
CGP6	10	9,2	0	8,5	78,2
CGP5	12	9,2	0	9,9	91,08
CGP4	14	9,2	0	11,3	103,96
CGP3	16	9,2	0	12,5	115
CGP2	18	9,2	0	13,7	126,04
CGP1	20	9,2	0	14,8	136,16

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
136,16	218,36

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$$I_{\max} = 218,36 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 para 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{\text{tablas}} = \frac{I}{K} = \frac{218,36}{0,94} = 232,29(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 232,29 es posible escoger una sección de 240 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

$$S = 240 \text{ mm}^2$$

$$I_{\text{adm}} = 340 \cdot 0,94 = 319,6 \text{ (A)} > I_{\text{nom}} = 202,13 \text{ (A)}$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al
- Fusible 250A > 218,36 A
- Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 238,25 m

RAMA 2 CT1-CGP11

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P.20. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC-BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVIENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP11	2	9,2	0	2	18,4
CGP12	4	9,2	0	3,8	34,96
CGP13	6	9,2	0	5,4	49,68
CGP14	8	9,2	0	7	64,4
CGP15	10	9,2	0	8,5	78,2
CGP16	12	9,2	0	9,9	91,08
CGP17	14	9,2	0	11,3	103,96
CGP18	16	9,2	0	12,5	115
CGP19	18	9,2	0	13,7	126,04
CGP20	20	9,2	0	14,8	136,16

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
136,16	218,36

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$$I_{\max} = 218,36 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 -- 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{218,36}{0,94} = 232,29(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1) 
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 232,29 es posible escoger una sección de 240 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

$$S = 240 \text{ mm}^2$$

$$I_{adm} = 340 \cdot 0,94 = 319,6 (A) > I_{nom} = 218,36 (A)$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al
- Fusible 250A > 218,36 A
- Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 246,88 m

Según la normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo debe de ser igual para las dos ramas, por tanto:

RAMA 1:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al
- Fusible 250A > 218,36 A
- Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 238,25 m

RAMA 2:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al
- Fusible 250A > 218,36 A
- Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 246,88 m

1.10.1.3.- Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menos que el 5 %.

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot (\tan \theta))$$

Donde:

$$\Delta U\% = W \cdot L \cdot K$$

Siendo:

$$K = \frac{R + X \cdot \tan \theta}{10 \cdot U^2}$$

En esta tabla tenemos el valor de la resistencia y de la impedancia para un valor determinado de sección del conductor:

Sección de fase en mm ²	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

En nuestro caso, como hemos seleccionado una sección de 150 mm², los valores de resistencia e impedancia son los siguientes:

K	R	X
0,099313125	0,125	0,07

Por tanto obtenemos:

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT10-CGP1	136,16	24,66	0,333464236	0,333464236
CGP1-CGP2	126,04	17,5	0,21905496	0,552519196
CGP2-CGP3	115	17,5	0,199867664	0,75238686
CGP3-CGP4	103,96	17,5	0,180680368	0,933067228
CGP4-CGP5	91,08	46,4	0,419708389	1,352775617
CGP5-CGP6	78,2	18,13	0,140802772	1,493578389
CGP6-CGP7	64,4	44,06	0,281797417	1,775375806
CGP7CGP8	49,68	17,5	0,086342831	1,861718637
CGP8-CGP9	34,96	17,5	0,06075977	1,922478407
CGP9-CGP10	18,4	17,5	0,031978826	1,954457233

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT10-CGP20	136,16	32,81	0,443672408	0,443672408
CGP20-CGP19	126,04	15,6	0,19527185	0,638944258
CGP19-CGP18	115	37,31	0,42611786	1,065062118
CGP18-CGP17	103,96	14,83	0,153113706	1,218175824
CGP17-CGP16	91,08	14,86	0,13441523	1,352591054
CGP16-CGP15	78,2	39,99	0,310573792	1,663164846
CGP15-CGP14	64,4	15,62	0,099901853	1,763066699
CGP14-CGP13	49,68	29,12	0,143674471	1,90674117
CGP13-CGP12	34,96	24,16	0,083883202	1,990624372
CGP12-CGP11	18,4	22,58	0,041261823	2,031886195

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

1.10.2- Anillo 2.

1.10.2.1.- Previsión de potencia.

TRAMO	LONGITUD(m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	POTENCIA(kW)	PxL
CT10-GARAJE 9	29,66	29,66	69,9	2073,234
GARAJE 9-CGP2	23,16	52,82	65,45	3457,069
CGP2-CGP4	24,73	77,55	65,45	5075,6475
CGP4-CGP3	13,64	91,19	65,45	5968,3855
CGP3-CGP1	25,16	116,35	65,45	7615,1075

-Cálculo del punto de mínima tensión:

$$p.m.t.: \frac{\sum L \cdot P}{\sum P}$$

ΣPxL	ΣP	p.m.t
24189,4435	331,7	72,92

El punto de mínima tensión se encuentra situado entre la C.G.P. 2 y la C.G.P. 4, a una distancia del Centro de Transformación de 72,92 m.

1.10.2.2- Intensidad.

RAMA 1 CT1-CGP3

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P.1. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVIENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP2	10	5,75	7,95	8,5	56,825
GARAJE 9	10	5,75	77,85	8,5	126,725

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
126,72	203,22

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$$I_{\max} = 203,22 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 -- 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{203,22}{0,94} = 216,19(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1) 
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 216,19 es posible escoger una sección de 150 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,94 = 244,4 \text{ (A)} > I_{nom} = 203,22 \text{ (A)}$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 250A > 203,22 A

-Longitud protegida por cortocircuito 165 m > 52,82 m

RAMA 2 CT1-CGP4

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P.1. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVIENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP4	10	5,75	7,95	8,5	56,825
CGP3	20	5,75	15,9	14,8	101
CGP1	30	5,75	23,85	19,8	137,7

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
137,7	220,83

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

Imáx = 220,83 A

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 para 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{220,83}{0,94} = 234,92(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 234,92 es posible escoger una sección de 150 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,94 = 244,4 (A) > I_{nom} = 220,83 (A)$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros ⁽¹⁾						

Nuestra selección de cable queda:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 250A > 220,83 A
- Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 77,39 m

Según la normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo debe de ser igual para las dos ramas, por tanto:

RAMA 1:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 250A > 203,22 A
- Longitud protegida por cortocircuito 165 m > 52,82 m

RAMA 2:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 250A > 220,83 A
- Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 77,39 m

1.10.2.3.- Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menos que el 5 %.

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot (\tan \theta))$$

Donde:

$$\Delta U\% = W \cdot L \cdot K$$

Siendo:

$$K = \frac{R + X \cdot \tan \theta}{10 \cdot U^2}$$

En esta tabla tenemos el valor de la resistencia y de la impedancia para un valor determinado de sección del conductor:

Sección de fase en mm ²	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

En nuestro caso, como hemos seleccionado una sección de 95 mm², los valores de resistencia e impedancia son los siguientes:

K	R	X
0,149938125	0,206	0,07

Por tanto obtenemos:

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT10-GARAJE 9	126,725	29,66	0,56925546	0,56925546
GARAJE9-CGP2	56,825	23,16	0,199320404	0,768575863

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT10-CGP1	137,7	38,59	0,796747656	0,796747656
CGP1-CGP3	101	25,16	0,381016766	1,177764422
CGP3-CGP4	56,825	13,64	0,116215991	1,293980413

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

1.11.- Centro de transformación 11:

1.11.1- Anillo 1.

1.11.1.1.- Previsión de potencia.

TRAMO	LONGITUD(m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	POTENCIA(kW)	PxL
CT11-CGP1	15,88	15,88	65,45	1039,346
CGP1-CGP3	21,95	37,83	65,45	2475,9735
CGP3-CGP5	67,07	104,9	18,4	1930,16
CGP5-CGP6	41,72	146,62	18,4	2697,808
CGP6-CGP7	47,68	194,3	18,4	3575,12
CGP7-CGP8	50,37	244,67	18,4	4501,928
CGP8-CGP9	23,84	268,51	18,4	4940,584
CGP9-CGP10	43,71	312,22	18,4	5744,848
CGP10-CGP4	64,73	376,95	65,45	24671,3775
CGP4-CGP2	22,01	398,96	65,45	26111,932

-Cálculo del punto de mínima tensión:

$$p.m.t.: \frac{\sum L \cdot P}{\sum P}$$

$\sum PxL$	$\sum P$	p.m.t
77689,077	372,2	208,72

El punto de mínima tensión se encuentra situado entre la C.G.P. 7 y la C.G.P. 8, a una distancia del Centro de Transformación de 208,72 m.

1.11.1.2- Intensidad.

RAMA 1 CT11-CGP7

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en el Garaje 20. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC-BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP7	2	9,2	0	2	18,4
CGP6	4	9,2	0	3,8	34,96
CGP5	6	9,2	0	5,4	49,68
CGP3	16	7,04	7,95	12,5	95,95
CGP1	26	6,54	15,9	19,8	145,392

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
145,392	233,17

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

Imáx = 233,17 A

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 para 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{233,17}{0,94} = 248,05(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 248,05 es posible escoger una sección de 240 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

$$S = 240 \text{ mm}^2$$

$$I_{adm} = 340 \cdot 0,94 = 319,6 (A) > I_{nom} = 233,17 (A)$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros ⁽¹⁾						

Nuestra selección de cable queda:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al
- Fusible 250A > 233,17 A
- Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 194,3 m

RAMA 2 CT11-CGP6

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P.2. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cosθ= 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVIENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	P
CGP8	2	9,2	0	2	
CGP9	4	9,2	0	3,8	
CGP10	6	9,2	0	5,4	
CGP4	16	7,04	7,95	12,5	
CGP2	26	6,54	15,9	19,8	

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
145,392	233,17

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$$I_{\text{máx}} = 233,17 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 -- 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{\text{tablas}} = \frac{I}{K} = \frac{233,17}{0,94} = 248,05(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1) 
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 248,05 es posible escoger una sección de 240 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

$$S = 240 \text{ mm}^2$$

$$I_{adm} = 240 \cdot 0,94 = 256,6 \text{ (A)} > I_{nom} = 233,17 \text{ (A)}$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros ⁽¹⁾						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al

-Fusible 250A > 233,17 A

-Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 181,7 m

Según la normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo debe de ser igual para las dos ramas, por tanto:

RAMA 1:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al

-Fusible 250A > 233,17 A

-Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 194,3 m

RAMA 2:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al

-Fusible 250A > 233,17 A

-Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 181,7 m

1.11.1.3.- Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menos que el 5 %.

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot (\tan \theta))$$

Donde:

$$\Delta U\% = W \cdot L \cdot K$$

Siendo:

$$K = \frac{R + X \cdot \tan \theta}{10 \cdot U^2}$$

En esta tabla tenemos el valor de la resistencia y de la impedancia para un valor determinado de sección del conductor:

Sección de fase en mm²	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

En nuestro caso, como hemos seleccionado una sección de 150 mm², los valores de resistencia e impedancia son los siguientes:

K	R	X
0,099313125	0,125	0,07

Por tanto obtenemos:

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT11-CGP1	145,392	15,88	0,229296622	0,229296622
CGP-CGP3	95,95	21,95	0,209163621	0,438460243
CGP3-CGP5	49,68	67,07	0,330915067	0,769375309
CGP5-CGP6	34,96	41,72	0,144851291	0,914226601
CGP6-CGP7	18,4	47,68	0,087128596	1,001355197

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT11-CGP2	145,392	27,41	0,395782141	0,395782141
CGP2-CGP4	95,95	22,01	0,209735367	0,605517508
CGP4-CGP9	49,68	64,73	0,319369797	0,924887305
CGP10-CGP9	34,96	43,71	0,151760545	1,07664785
CGP9-CGP8	18,4	23,84	0,043564298	1,120212148

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

1.11.2- Anillo 2.

1.11.2.1.- Previsión de potencia.

TRAMO	LONGITUD(m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	POTENCIA(kW)	PxL
CT11-JARDIN5	5,23	5,23	8,55	44,7165
JARDIN5-CGP1	58,65	63,88	65,45	4180,946
CGP1-CGP3	21,77	85,65	65,45	5605,7925
CGP3-CGP2	11,38	97,03	65,45	6350,6135
CGP2-A.V.	64,02	161,05	20	3221

-Cálculo del punto de mínima tensión:

$$p.m.t.: \frac{\sum L \cdot P}{\sum P}$$

$\sum PxL$	$\sum P$	p.m.t
19403,0685	224,9	86,27

El punto de mínima tensión se encuentra situado entre la C.G.P. 2 y la C.G.P. 3, a una distancia del Centro de Transformación de 86,27 m.

1.11.2.2- Intensidad.

RAMA 1 CT11-CGP3

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P.3. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP3	10	5,75	7,95	8,5	56,825
CGP1	20	5,75	15,9	14,8	101
JARDIN5	20	5,75	24,45	14,8	109,55

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
109,55	175,69

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

Imáx = 175,69 A

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 para 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{175,69}{0,94} = 186,90(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 186,90 es posible escoger una sección de 95 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

$$S = 95 \text{ mm}^2$$

$$I_{adm} = 200 * 0,94 = 188 (A) > I_{nom} 175,69(A)$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros ⁽¹⁾						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x95 + 1x50 Al

-Fusible 200A > 175,69 A

-Longitud protegida por cortocircuito 120 m > 85,65 m

RAMA 2 CT11-CGP2

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P.1. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cosθ= 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVIENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP2	10	5,75	7,95	8,5	56,825
A.V.	10	5,75	27,95	8,5	76,825

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
76,825	123,2

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$$I_{m\acute{a}x} = 123,20 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 -- 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{123,20}{0,94} = 131,06(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1) 
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 131,06 es posible escoger una sección de 95 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

$$S = 95 \text{ mm}^2$$

$$I_{adm} = 200 \cdot 0,94 = 188 \text{ (A)} > I_{nom} = 123,20 \text{ (A)}$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x95 + 1x50 Al
- Fusible 160A > 123,20 A
- Longitud protegida por cortocircuito 155 m > 75,77 m

Según la normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo debe de ser igual para las dos ramas. Además, según Iberdrola, la sección mínima para distribución de energía en red de baja tensión subterránea mente, será de 150mm² por lo que la sección será 3x150+1x95mm²

RAMA 1:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 200A > 175,69 A
- Longitud protegida por cortocircuito 215 m > 85,65 m

RAMA 2:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 160A > 123,20 A
- Longitud protegida por cortocircuito 285 m > 75,77 m

1.11.2.3.- Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menos que el 5 %.

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot (\tan \theta))$$

Donde:

$$\Delta U\% = W \cdot L \cdot K$$

Siendo:

$$K = \frac{R + X \cdot \tan \theta}{10 \cdot U^2}$$

En esta tabla tenemos el valor de la resistencia y de la impedancia para un valor determinado de sección del conductor:

Sección de fase en mm ²	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

En nuestro caso, como hemos seleccionado una sección de 95 mm², los valores de resistencia e impedancia son los siguientes:

K	R	X
0,22300425	0,32	0,076

Por tanto obtenemos:

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT11-JARDÍN 5	109,55	5,23	0,127769505	0,127769505
JARDÍN5 - CGP1	101	58,65	1,320999126	1,44876863
CGP1-CGP3	56,825	21,77	0,275874153	1,724642783

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT11-A.V.	76,825	11,75	0,201304543	0,201304543
A.V.-CGP2	56,825	64,02	0,811275301	1,012579843

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

1.12.- Centro de transformación 12:

1.12.1- Anillo 1.

1.12.1.1.- Previsión de potencia.

TRAMO	LONGITUD(m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	POTENCIA(kW)	PxL
CT12-GARAJE 5	6,68	6,68	103,155	689,0754
GARAJE 5- CGP1	14,63	21,31	65,45	1394,7395
CGP1-CGP3	34,98	56,29	65,45	3684,1805
CGP3-CGP4	17,69	73,98	65,45	4841,991
CGP4-CGP2	36,55	92,84	65,45	6076,378

-Cálculo del punto de mínima tensión:

$$p.m.t.: \frac{\sum L \cdot P}{\sum P}$$

ΣPxL	ΣP	p.m.t
16686,3644	364,955	45,72

El punto de mínima tensión se encuentra situado entre la C.G.P. 1 y la C.G.P. 3, a una distancia del Centro de Transformación de 45,72 m.

1.12.1.2- Intensidad.

RAMA 1 CT12-CGP1

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P.1. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cosθ= 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP1	10	5,75	7,95	8,5	56,825
GARAJE 5	10	5,75	102,24	8,5	151,115

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
151,115	242,35

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

Imáx = 242,35 A

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 para 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{242,35}{0,94} = 257,81(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 257,81 es posible escoger una sección de 150 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,94 = 244,4 (A) > I_{nom} = 242,35 (A)$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 250A > 242,35 A

-Longitud protegida por cortocircuito 165 m > 17,09 m

RAMA 2 CT12-CGP2

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P.2. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVIENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP2	10	5,75	7,95	8,5	56,825
CGP4	20	5,75	15,9	14,8	101
CGP3	30	5,75	23,85	19,8	137,7

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
137,7	220,83

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

Imáx = 220,83 A

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 -- 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{220,83}{0,94} = 234,9(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 234,9 es posible escoger una sección de 150 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,94 = 244,4 (A) > I_{nom} = 220,83 (A)$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros ⁽¹⁾						

Nuestra selección de cable queda:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 250A > 220,83 A
- Longitud protegida por cortocircuito 165 m > 63,4 m

Según la normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo debe ser igual para las dos ramas, por tanto:

RAMA 1:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 250A > 242,35 A
- Longitud protegida por cortocircuito 165 m > 17,09 m

RAMA 2:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 250A > 220,83 A
- Longitud protegida por cortocircuito 165 m > 63,4 m

1.12.1.3.- Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menos que el 5 %.

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot (\tan \theta))$$

Donde:

$$\Delta U\% = W \cdot L \cdot K$$

Siendo:

$$K = \frac{R + X \cdot \tan \theta}{10 \cdot U^2}$$

En esta tabla tenemos el valor de la resistencia y de la impedancia para un valor determinado de sección del conductor:

Sección de fase en mm ²	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

En nuestro caso, como hemos seleccionado una sección de 150 mm², los valores de resistencia e impedancia son los siguientes:

K	R	X
0,151451563	0,206	0,075

Por tanto obtenemos:

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT12-GARAJE5	151,115	6,68	0,100251455	0,100251455
GARAJE 5-CGP1	56,825	14,63	0,082563942	0,182815397

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT12-CGP2	137,7	39,78	0,544008101	0,544008101
CGP2-CGP4	101	36,55	0,366619367	0,910627467
CGP4-CGP3	56,825	17,69	0,099832955	1,010460422

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

1.12.2- Anillo 2.

1.12.2.1.- Previsión de potencia.

TRAMO	LONGITUD(m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	POTENCIA(kW)	PxL
CT12-CGP1	77,71	77,71	65,45	5086,1195
CGP1-CGP3	29,94	107,65	65,45	7045,6925
CGP3-CGP5	29,98	137,63	65,45	9007,8835
CGP5-CGP4	16,51	154,14	65,45	10088,463
CGP4-CGP2	29,94	184,08	65,45	12048,036

-Cálculo del punto de mínima tensión:

$$p.m.t.: \frac{\sum L \cdot P}{\sum P}$$

ΣPxL	ΣP	p.m.t
43276,1945	327,25	132,242

El punto de mínima tensión se encuentra situado entre la C.G.P. 3 y la C.G.P. 5, a una distancia del Centro de Transformación de 132,242 m.

1.12.2.2- Intensidad.

RAMA 1 CT8-CGP3

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P. Jardín 4. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP3	10	5,75	7,95	8,5	56,825
CGP1	20	5,75	15,9	14,8	101

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
101	161,97

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$I_{m\acute{a}x} = 161,97 \text{ A}$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,74 para 4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{161,97}{0,74} = 218,87(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1) 
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 218,87 es posible escoger una sección de 150 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,74 = 192,4 \text{ (A)} > I_{nom} = 161,97 \text{ (A)}$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x50 Al
- Fusible 200A > 161,97 A
- Longitud protegida por cortocircuito 345 m > 107,65 m

RAMA 2 CT8-CGP5

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P.2. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVIENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP5	10	5,75	7,95	8,5	56,825
CGP4	20	5,75	15,9	14,8	101
CGP2	30	5,75	23,85	19,8	137,7

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
137,7	220,83

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

Imáx = 220,83 A

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,74 para 4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{220,83}{0,74} = 298,41(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 298,41 es posible escoger una sección de 240 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

$$S = 240 \text{ mm}^2$$

$$I_{adm} = 340 \cdot 0,74 = 251,6 (A) > I_{nom} = 220,83 (A)$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros ⁽¹⁾						

Nuestra selección de cable queda:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x50 Al
- Fusible 250A > 221 A
- Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 139,04 m

Según la normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo debe ser igual para las dos ramas, por tanto:

RAMA 1:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x50 Al
- Fusible 200A > 161,97 A
- Longitud protegida por cortocircuito 345 m > 107,65 m

RAMA 2:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x50 Al
- Fusible 250A > 221 A
- Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 139,04 m

1.12.2.3.- Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menos que el 5 %.

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot (\tan \theta))$$

Donde:

$$\Delta U\% = W \cdot L \cdot K$$

Siendo:

$$K = \frac{R + X \cdot \tan \theta}{10 \cdot U^2}$$

En esta tabla tenemos el valor de la resistencia y de la impedancia para un valor determinado de sección del conductor:

Sección de fase en mm ²	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

En nuestro caso, como hemos seleccionado una sección de 150 mm², los valores de resistencia e impedancia son los siguientes:

K	R	X
0,099313125	0,125	0,07

Por tanto obtenemos:

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT12-CGP1	101	77,71	0,779479917	0,779479917
GARAJE 1-CGP3	56,825	29,94	0,168965442	0,948445359

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT12-CGP2	137,1	92,59	1,260689648	1,260689648
CGP2-CGP4	101	29,94	0,300316931	1,561006579
CGP4-CGP5	56,825	16,51	0,093173662	1,654180241

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

1.13.- Centro de transformación 13:

1.13.1- Anillo 1.

1.13.1.1.- Previsión de potencia.

TRAMO	LONGITUD(m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	POTENCIA(kW)	PxL
CT13-GARAJE 4	6,76	6,76	94,29	637,4004
GARAJE 4-CGP2	23,94	30,7	65,45	2009,315
CGP2-CGP4	25,47	56,17	65,45	3676,3265
CGP4-CGP3	14,27	70,44	65,45	4610,298
CGP3-CGP1	25,22	81,39	65,45	5326,9755

-Cálculo del punto de mínima tensión:

$$p.m.t.: \frac{\sum L \cdot P}{\sum P}$$

$\sum PxL$	$\sum P$	p.m.t
16260,3154	356,09	45,66

El punto de mínima tensión se encuentra situado entre la C.G.P. 2 y la C.G.P. 4, a una distancia del Centro de Transformación de 45,66 m.

1.13.1.2- Intensidad.

RAMA 1 CT13-CGP2

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable, situado en la C.G.P. 1. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10), sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP 2	10	5,75	7,95	8,5	56,825
GARAJE 4	10	5,75	102,24	8,5	151,115

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
151,115	242,35

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$$I_{\text{máx}} = 242,35 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 -- 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{\text{tablas}} = \frac{I}{K} = \frac{242,35}{0,94} = 257,8(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1) 
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 257,8 es posible escoger una sección de 150 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,94 = 244,4 \text{ (A)} > I_{nom} = 242,35 \text{ (A)}$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
	Longitudes en metros (1)					

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 250 A > 242,35 A

-Longitud protegida por cortocircuito 165 m > 30,7 m

RAMA 2 CT13-CGP2

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P.2. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

$$U=400 \text{ V}$$

$$\cos\theta= 0,9$$

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVIENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP4	10	5,75	7,95	8,5	56,825
CGP3	20	5,75	15,9	14,8	101
CGP1	30	5,75	23,85	19,8	137,7

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
137,7	220,83

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$$I_{\max} = 220,83 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 -- 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{\text{tablas}} = \frac{I}{K} = \frac{220,83}{0,94} = 234,9(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1) 
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 234,9 es posible escoger una sección de 150 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,94 = 244,4 \text{ (A)} > I_{nom} = 220,83 \text{ (A)}$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 250A > 220,83 A

-Longitud protegida por cortocircuito 165 m > 56,46 m

Según la normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo debe ser igual para las dos ramas, por tanto:

RAMA 1:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 250 A > 242,35 A
- Longitud protegida por cortocircuito 165 m > 30,7 m

RAMA 2:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al
- Fusible 250A > 220,83 A
- Longitud protegida por cortocircuito 165 m > 56,46 m

1.13.1.3.- Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menos que el 5 %.

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot (\tan \theta))$$

Donde:

$$\Delta U\% = W \cdot L \cdot K$$

Siendo:

$$K = \frac{R + X \cdot \tan \theta}{10 \cdot U^2}$$

En esta tabla tenemos el valor de la resistencia y de la impedancia para un valor determinado de sección del conductor:

Sección de fase en mm ²	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

En nuestro caso, como hemos seleccionado una sección de 240 mm², los valores de resistencia e impedancia son los siguientes:

K	R	X
0,151451563	0,206	0,075

Por tanto obtenemos:

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT13-GARAJE4	151,115	6,76	0,154713435	0,154713435
GARAJE 4-CGP2	56,825	23,94	0,206033267	0,360746702

ΔU% < 5% Válido por Caída de Tensión

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT12-CGP1	137,7	16,97	0,353907316	0,353907316
CGP1-CGP3	101	25,22	0,385780449	0,739687765
CGP3-CGP4	56,825	14,27	0,122810974	0,862498739

ΔU% < 5% Válido por Caída de Tensión

1.13.2- Anillo 2.

1.13.2.1.- Previsión de potencia.

TRAMO	LONGITUD(m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	POTENCIA(kW)	PxL
CT13-CGP3	46,83	46,83	18,4	861,672
CGP3-CGP1	72,08	118,91	18,4	2187,944
CGP1-CGP2	36,04	154,95	18,4	2851,08
CGP2-CGP4	69,08	224,03	18,4	4122,152
CGP4-CGP6	69,08	293,11	18,4	5393,224
CGP6-CGP8	69,08	362,19	18,4	6664,296
CGP8-CGP7	35,06	397,25	18,4	7309,4
CGP7-CGP5	69,08	466,33	18,4	8580,472

-Cálculo del punto de mínima tensión:

$$p.m.t.: \frac{\sum L \cdot P}{\sum P}$$

$\Sigma P \times L$	ΣP	p.m.t
37970,24	147,2	257,95

El punto de mínima tensión se encuentra situado entre la C.G.P. 4 y la C.G.P. 6, a una distancia del Centro de Transformación de 257,95 m.

1.13.2.2- Intensidad.

RAMA 1 CT13-CGP4

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P. 4. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVIENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP4	2	9,2	0	2	18,4
CGP2	4	9,2	0	3,8	34,96
CGP1	6	9,2	0	5,4	49,68
CGP3	8	9,2	0	7	64,4

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
64,4	103,28

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

I_{máx} = 103,28 A

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 para 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{103,28}{0,94} = 109,87(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 109,87 es posible escoger una sección de 150 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,94 = 244,4 (A) > I_{nom} = 103,28 (A)$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros ⁽¹⁾						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 160A > 103,28 A

-Longitud protegida por cortocircuito 285 m > 224 m

RAMA 2 CT13-CGP5

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P.5. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cosθ= 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVIENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP6	2	9,2	0	2	18,4
CGP8	4	9,2	0	3,8	34,96
CGP7	6	9,2	0	5,4	49,68
CGP5	8	9,2	0	7	64,4

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
64,4	103,28

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$$I_{\text{máx}} = 103,28 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 -- 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{\text{tablas}} = \frac{I}{K} = \frac{103,28}{0,94} = 109,87(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1) 
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 109,87 es posible escoger una sección de 150 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,94 = 244,4 \text{ (A)} > I_{nom} = 103,28 \text{ (A)}$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 160A > 103,28 A

-Longitud protegida por cortocircuito 385 m > 228,41 m

Según la normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo debe ser igual para las dos ramas, por tanto:

RAMA 1:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 160A > 103,28 A

-Longitud protegida por cortocircuito 285 m > 224 m

RAMA 2:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x150 + 1x95 Al

-Fusible 160A > 103,28 A

-Longitud protegida por cortocircuito 385 m > 228,41 m

1.13.2.3.- Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menos que el 5 %.

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot (\tan \theta))$$

Donde:

$$\Delta U\% = W \cdot L \cdot K$$

Siendo:

$$K = \frac{R + X \cdot \tan \theta}{10 \cdot U^2}$$

En esta tabla tenemos el valor de la resistencia y de la impedancia para un valor determinado de sección del conductor:

Sección de fase en mm²	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

En nuestro caso, como hemos seleccionado una sección de 240 mm², los valores de resistencia e impedancia son los siguientes:

K	R	X
0,151451563	0,206	0,075

Por tanto obtenemos:

TRAMO	POTENCIA(kw)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT5-CGP3	64,4	46,83	0,456755498	0,456755498
CGP1-CGP1	49,68	72,08	0,54233811	0,999093608
CGP2-CGP2	34,96	36,04	0,190822668	1,189916276
CGP3-CGP4	18,4	69,08	0,19250584	1,382422117

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

TRAMO	POTENCIA(kw)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CT5-CGP5	64,4	55,19	0,538294596	0,538294596
CGP5-CGP7	49,68	69,08	0,519765769	1,058060365
CGP7-CGP8	34,96	35,06	0,185633817	1,243694182
CGP8-CGP6	18,4	69,08	0,19250584	1,436200022

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

1.14.- Centro de transformación CTR:

1.14.1- Anillo 1.

1.14.1.1.- Previsión de potencia.

TRAMO	LONGITUD(m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	POTENCIA(kw)	PxL
CTR-CGP1	140,49	140,49	18,4	2585,016
CGP1-CGP2	17,84	158,33	18,4	2913,272
CGP2-CGP3	22,22	180,55	18,4	3322,12
CGP3-CGP4	18,1	198,65	18,4	3655,16
CGP4-CGP5	48,32	246,97	18,4	4544,248
CGP5-CGP6	35,59	282,56	18,4	5199,104
CGP6-CGP7	38,6	321,16	18,4	5909,344
CGP7-CGP8	16,49	337,65	18,4	6212,76
CGP8-CGP9	37,4	375,05	18,4	6900,92
CGP9-CGP10	14,82	389,87	18,4	7173,608
CGP10-CGP11	37,75	427,62	18,4	7868,208
CGP11-CGP 12	16,19	443,81	18,4	8166,104
CGP12-CGP13	30,85	474,66	9,2	4366,872
CGP13-CGP14	15,61	490,27	18,4	9020,968
CGP14-CGP15	11	501,27	18,4	9223,368
CGP15-CGP16	17,88	519,15	18,4	9552,36
CGP16-CGP17	17,83	536,98	18,4	9880,432
CGP17-CGP 18	19,51	556,49	9,2	5119,708

-Cálculo del punto de mínima tensión:

$$p.m.t.: \frac{\sum L \cdot P}{\sum P}$$

$\Sigma P \times L$	ΣP	p.m.t
111613,572	312,8	356,82

El punto de mínima tensión se encuentra situado entre la C.G.P. 8 y la C.G.P. 9, a una distancia del Centro de Transformación de 356,82 m.

1.14.1.2- Intensidad.

RAMA 1 CTR-CGP8

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P.1. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP8	2	9,2	0	2	18,4
CGP7	4	9,2	0	3,8	34,96
CGP6	6	9,2	0	5,4	49,68
CGP5	8	9,2	0	7	64,4
CGP4	10	9,2	0	8,5	78,2
CGP3	12	9,2	0	9,9	91,08
CGP2	14	9,2	0	11,3	103,96
CGP1	16	9,2	0	12,5	115

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
115	184,43

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$I_{m\acute{a}x} = 184,43 \text{ A}$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 -- 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{184,3}{0,94} = 196,06(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 196,06 es posible escoger una sección de 240 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

$S = 240 \text{ mm}^2$

$I_{adm} = 340 \cdot 0,94 = 319,6 \text{ (A)} > I_{nom} = 184,43 \text{ (A)}$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al
- Fusible 200A > 184,43 A
- Longitud protegida por cortocircuito 345 m > 337 m

RAMA 2 CTR-CGP9

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P.18. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC-BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP9	2	9,2	0	2	18,4
CGP10	4	9,2	0	3,8	34,96
CGP11	6	9,2	0	5,4	49,68
CGP12	8	9,2	0	7	64,4
CGP13	9	9,2	0	7,8	71,76
CGP14	11	9,2	0	9,2	84,64
CGP15	13	9,2	0	10,6	97,52
CGP16	15	9,2	0	11,9	109,48
CGP17	17	9,2	0	13,1	120,52
CGP18	18	9,2	0	13,7	126,04

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
126,04	202,13

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$$I_{\max} = 202,13 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 para 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{\text{tablas}} = \frac{I}{K} = \frac{202,13}{0,94} = 215,03(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 215,03 es posible escoger una sección de 240 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

$$S = 240 \text{ mm}^2$$

$$I_{adm} = 340 \cdot 0,94 = 319,6 \text{ (A)} > I_{nom} 202,13 \text{ (A)}$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al

-Fusible 250A > 202,13 A

-Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 204,07 m

Según la normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo debe de ser igual para las dos ramas, por tanto:

RAMA 1:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al

-Fusible 200A > 184,43 A

-Longitud protegida por cortocircuito 345 m > 337 m

RAMA 2:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al

-Fusible 250A > 202,13 A

-Longitud protegida por cortocircuito 260 m > 204,07 m

1.14.1.3.- Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menos que el 5 %.

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot (\tan \theta))$$

Donde:

$$\Delta U\% = W \cdot L \cdot K$$

Siendo:

$$K = \frac{R + X \cdot \tan \theta}{10 \cdot U^2}$$

En esta tabla tenemos el valor de la resistencia y de la impedancia para un valor determinado de sección del conductor:

Sección de fase en mm ²	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

En nuestro caso, como hemos seleccionado una sección de 150 mm², los valores de resistencia e impedancia son los siguientes:

K	R	X
0,099313125	0,125	0,07

Por tanto obtenemos:

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CTR-CGP1	115	140,49	1,604537607	1,604537607
CGP1-CGP2	103,96	17,84	0,18419073	1,788728337
CGP2-CGP3	91,08	22,22	0,200989664	1,989718001
CGP3-CGP4	78,2	18,1	0,140569783	2,130287784
CGP4-CGP5	64,4	48,32	0,309043377	2,439331161
CGP5-CGP6	49,68	35,59	0,175596649	2,61492781
CGP6-CGP7	34,96	38,6	0,134018692	2,748946502
CGP7-CGP8	18,4	16,49	0,030133191	2,779079693

ΔU% < 5% Válido por Caída de Tensión

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CTR-CGP18	126,04	20,12	0,251850617	0,251850617
CGP18-CGP17	120,52	19,51	0,23351944	0,485370056
CGP17-CGP16	109,48	17,83	0,19386204	0,679232097
CGP16-CGP15	97,52	17,88	0,173168085	0,852400182
CGP15-CGP14	84,64	11	0,092464492	0,944864674
CGP14-CGP13	71,76	15,61	0,111247941	1,056112615
CGP13-CGP12	64,4	30,85	0,197309358	1,253421973
CGP12-CGP11	49,68	16,19	0,079879453	1,333301426
CGP11-CGP10	34,96	37,75	0,131067504	1,46436893
CGP10-CGP9	18,4	17,33	0,031668175	1,496037104

ΔU% < 5% Válido por Caída de Tensión

1.14.2- Anillo 2.

1.14.2.1.- Previsión de potencia.

TRAMO	LONGITUD(m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	POTENCIA(kW)	PxL
CTR-CGP1	25,18	25,18	18,4	463,312
CGP1-CGP2	18,98	44,16	18,4	812,544
CGP2-CGP3	19,05	63,21	18,4	1163,064
CGP3-CGP4	10,01	73,22	18,4	1347,248
CGP4-CGP5	18,99	92,21	18,4	1696,664
CGP5-CGP6	10,91	103,12	9,2	948,704
CGP6-CGP7	40,32	143,44	18,4	2639,296
CGP7-CGP8	35,56	179	18,4	3293,6
CGP8-CGP9	19,02	198,02	18,4	3643,568
CGP9-CGP10	37,56	235,58	18,4	4334,672
CGP10-CGP11	42,63	278,21	18,4	5119,064
CGP11-CGP12	37,34	315,55	18,4	5806,12
CGP12-CGP13	19,04	334,59	18,4	6156,456
CGP13-JCGP 14	19,21	353,8	18,4	6509,92

-Cálculo del punto de mínima tensión:

$$p.m.t.: \frac{\sum L \cdot P}{\sum P}$$

$\sum PxL$	$\sum P$	p.m.t
43934,232	248,4	176,86

El punto de mínima tensión se encuentra situado entre la C.G.P. 7 y la C.G.P. 8, a una distancia del Centro de Transformación de 176,86 m.

1.14.2.2- Intensidad.

RAMA 1 CT1-CGP7

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P.1. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cosθ= 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP7	2	9,2	0	2	18,4
CGP6	3	9,2	0	3	27,6
CGP5	5	9,2	0	4,6	42,32
CGP4	7	9,2	0	6,2	57,04
CGP3	9	9,2	0	7,8	71,76
CGP2	11	9,2	0	9,2	84,64
CGP1	13	9,2	0	10,6	97,52

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
97,52	156,39

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$I_{m\acute{a}x} = 156,39 \text{ A}$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 -- 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{156,39}{0,94} = 166,37(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1)
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 166,37 es posible escoger una sección de 150 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,94 = 244,4 \text{ (A)} > I_{nom} = 156,39 \text{ (A)}$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

Nuestra selección de cable queda:

-Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al

-Fusible 160A > 156,39 A

-Longitud protegida por cortocircuito 455 m > 143,44 m

RAMA 2 CTR-CGP14

A partir de la Intensidad de corriente en el punto más desfavorable , situado en la C.G.P.8. Teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad del REBT (ITC- BT 10) , sin aplicar coeficiente de dúplex.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\theta}$$

U=400 V

Cos θ = 0,9

CGP	NUMERO DE VIVIENDAS	POTENCIA MEDIA VIVENDAS	POTENCIA ACUMULADA	C.S	POTENCIA TOTAL
CGP8	2	9,2	0	2	18,4
CGP9	4	9,2	0	3,8	34,96
CGP10	6	9,2	0	5,4	49,68
CGP11	8	9,2	0	7	64,4
CGP12	10	9,2	0	8,5	78,2
CGP13	12	9,2	0	9,9	91,08
CGP 14	14	9,2	0	11,3	103,96

-Distribución de potencias:

POTENCIA	INTENSIDAD
103,96	166,72

-Comprobación de la Intensidad Máxima Admisible por Criterio de Calentamiento:

$I_{\max} = 166,72 \text{ A}$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo.

La tabla de la casa de Prysmian es la siguiente:

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

Tomamos el valor de 0,94 -- 2 circuitos agrupados a 600 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{166,72}{0,94} = 177,36(A)$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**TABLA A.1 (UNE 211435):
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1) 
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Podemos ver claramente que para 177,36 es posible escoger una sección de 150 mm², por lo tanto escogeremos ese valor de sección:

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

$$I_{adm} = 260 \cdot 0,94 = 244,4 (A) > I_{nom} = 166,72 (A)$$

Por consiguiente procedemos al cálculo del fusible, para lo cual utilizaremos las tablas del proyecto tipo de IBERDROLA MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuitos:

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros ⁽¹⁾						

Nuestra selección de cable queda:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al
- Fusible 200A > 166,32 A
- Longitud protegida por cortocircuito 345 m > 240,65 m

Según la normativa de las compañías eléctricas la sección final del anillo debe de ser igual para las dos ramas, por tanto:

RAMA 1:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al
- Fusible 160A > 156,39 A
- Longitud protegida por cortocircuito 455 m > 143,44 m

RAMA 2:

- Cable XZ1(S) 0,6/1 KV 3x240 + 1x150 Al
- Fusible 200A > 166,32 A
- Longitud protegida por cortocircuito 345 m > 240,65 m

1.14.2.3.- Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menos que el 5 %.

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot (\tan \theta))$$

Donde:

$$\Delta U\% = W \cdot L \cdot K$$

Siendo:

$$K = \frac{R + X \cdot \tan \theta}{10 \cdot U^2}$$

En esta tabla tenemos el valor de la resistencia y de la impedancia para un valor determinado de sección del conductor:

Sección de fase en mm ²	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

En nuestro caso, como hemos seleccionado una sección de 95 mm², los valores de resistencia e impedancia son los siguientes:

K	R	X
0,099313125	0,125	0,07

Por tanto obtenemos:

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CTR-CGP1	97,52	25,18	0,243868702	0,243868702
CGP1-CGP2	84,64	18,98	0,159543278	0,403411979
CGP2-CGP3	71,76	19,05	0,135763823	0,539175802
CGP3-CGP4	57,04	10,01	0,056704855	0,595880657
CGP4-CGP5	42,32	18,99	0,079813668	0,675694325
CGP5-CGP6	27,6	10,91	0,029904771	0,705599096
CGP6-CGP7	18,4	40,32	0,073679216	0,779278312

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

TRAMO	POTENCIA(kW)	LONGITUD	AU %	AU % Acumulada
CTR-CGP14	103,96	65,85	0,679874414	0,679874414
CGP14-CGP13	91,08	19,21	0,173762891	0,853637306
CGP13-CGP12	78,2	19,04	0,147870093	1,001507398
CGP12-CGP11	64,4	37,34	0,238817874	1,240325273
CGP11-CGP10	49,68	42,63	0,210331136	1,450656409
CGP10-CGP9	34,96	37,56	0,130407826	1,581064235
CGP9-CGP8	18,4	19,02	0,034756416	1,615820651

$\Delta U\% < 5\%$ Válido por Caída de Tensión

2 Cálculos de Media Tensión.

2.1 Cálculos LAMT apoyo FL-Acometida

Comprobamos que tipo de conductor vamos a utilizar.

El conductor elegido tiene que admitir toda la intensidad de la urbanización. Para ello calculamos dicha intensidad mediante la potencia total en la urbanización:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\alpha} = \frac{0,4 * 8384,41}{\sqrt{3} * 20 * 0.85} = 113,89 A < 197A$$

El conductor LA-56 admite como máximo 197 A, por lo tanto es válido.

P =8384,41 kVA

V = 20 kV

Cos α = 0.85

- Cálculo de la altura del apoyo.

$$HV = d + f - 1.2 \quad HT = HV + h - 0.2$$

$$\text{Cálculo de la flecha: } a_e \cong 50m \left\{ \begin{array}{l} F=1.14m \\ T=96 \text{ daN} \end{array} \right\} \text{ Hip. } +50^\circ\text{C}$$

$$- \text{ Distancia entre conductores } D = K * \sqrt{F + L} + K' * D_{pp}$$

$$K=f(\alpha); \alpha = \arctg \frac{S_{bv}}{P} = \arctg \frac{0.57}{0.6} = 43.53^\circ \rightarrow K = 0.6$$

$$S_{bv}=60*(9.5*10^{-3})=0.57 \text{ kg/m}$$

$$P_a = \sqrt{0.189^2 + (60 * (9.5 * 10^{-3}))^2} = 0.6 \text{ kg/m}$$

$$F=1.14 \text{ m}$$

$$L=0$$

$$K'=0.75$$

$$D_{pp}=0.25$$

$$D = 0.6 * \sqrt{1.14 + 0} + 0.75 * 0.25 = 0.82m < 1.5m \rightarrow \text{ARMADO B2 VÁLIDO}$$

- Procedo al cálculo de la altura del apoyo:
- $d = D_{add} + D_{el} = 5.3 + 0.22 = 5.53m \cong 6m$
- $HV = d + f - 1.2 = 6 + 0.61 - 1.2 = 5.41m$
- Escojo un HT=10m $10 = HV + 1.5 - 0.2 ; HV = 8.7m > 5.41m$
VÁLIDO
- $d = 8.7 - 1.14 + 1.2 = 8.76m$
- APOYO 10 C-500
- ARMADO B2

2.2 Cálculos LSMT de Acometida-Centro reparto

2.2.1 Características de la línea.

La línea de acometida hasta el centro de reparto (CTR) necesita una carga de catorce transformadores. Uno el centro de abonado y trece para el reparto de la energía en la urbanización.

Estos transformadores necesitan una potencia de 400 KVA.

La potencia de la línea deberá de soportar una potencia máxima de 6230 KVA.

La línea transcurre por una zona de categoría B con lo cual su tensión nominal será

12/20KV.

El cable a utilizar es el Etileno Propileno de alto módulo (HEPR). Directamente enterrado a un metro de profundidad. Agrupados como máximo por dos ternas de cables a una distancia de separación de 0,6m.

La resistividad térmica del terreno se considera arenoso muy seco 1,5 k·m/w.

El tiempo de cortocircuito será de 0,5 segundos.

La temperatura del terreno $\Theta = 30^{\circ}\text{C}$

La potencia de cortocircuito es de 350MVA

Con estas características nos vamos a la ITC-LAT-06 y a través de las tablas seleccionamos el factor de corrección de la intensidad y las intensidades admisibles.

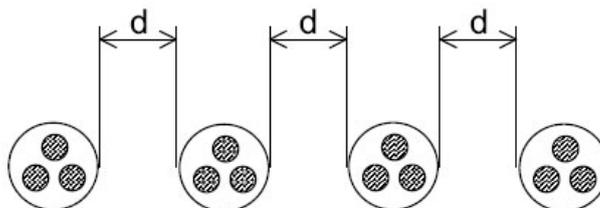
Tabla 6. Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV directamente enterrados

Sección (mm ²)	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	125	96	130	100	135	105
35	145	115	155	120	160	125
50	175	135	180	140	190	145
70	215	165	225	170	235	180
95	255	200	265	205	280	215
120	290	225	300	235	320	245
150	325	255	340	260	360	275
185	370	285	380	295	405	315
240	425	335	440	345	470	365
300	480	375	490	390	530	410
400	540	430	560	445	600	470

Por el agrupamiento de los cables tenemos que tener en cuenta:

Tabla 10. Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares

Tipo de instalación		Separación de los ternos	Factor de corrección								
			Número de ternos de la zanja								
			2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cables directamente enterrados	En contacto (d=0 cm)		0,76	0,65	0,58	0,53	0,50	0,47	0,45	0,43	0,42
	d = 0,2 m		0,82	0,73	0,68	0,64	0,61	0,59	0,57	0,56	0,55
	d = 0,4 m		0,86	0,78	0,75	0,72	0,70	0,68	0,67	0,66	0,65
	d = 0,6 m		0,88	0,82	0,79	0,77	0,76	0,74	0,74	0,73	-
	d = 0,8 m		0,90	0,85	0,83	0,81	0,80	0,79	-	-	-
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	-	-	-	-



En resumen el factor de corrección de la intensidad del cable nos queda:

$$f.d.c = 0,88$$

2.2.2 Criterio de calentamiento.

Para el criterio de calentamiento debemos de calcular la intensidad a soportar por la

línea y aplicarle el factor de corrección, irnos a la Tabla6 de la ITC-LAT-06 y seleccionar la sección de nuestro cable.

Intensidad total de la LSMT:

$$I = \frac{S \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U} (A)$$

I = Intensidad en Amperios

S = Potencia de cálculo en kVA.

U = Tensión de servicio en kV.

CT N°	S (kVA)
1	400
2	400
3	400
4	400
5	400
6	400
7	400
8	400
9	400
10	400
11	400
12	400
13	400
C.R.	400
C.COMERCIAL	630

TOTAL 6230

$$I = \frac{6230}{\sqrt{3} \cdot 20} = 179,44 \angle - 25,84(A)$$

Aplicamos nuestro factor de corrección:

$$I_{tablas} = \frac{I_T}{f.d.c} = \frac{179,44}{0,88} = 203,9(A)$$

Seleccionamos una intensidad mayor en la tabla:

Tabla 6. Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV directamente enterrado

Sección (mm ²)	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	125	96	130	100	135	105
35	145	115	155	120	160	125
50	175	135	180	140	190	145
70	215	165	225	170	235	180
95	255	200	265	205	280	215
120	290	225	300	235	320	245
150	325	255	340	260	360	275
185	370	285	380	295	405	315
240	425	335	440	345	470	365
300	480	375	490	390	530	410
400	540	430	560	445	600	470

SECCION 150mm² I = 275 (A)

I admisible = 275 · 0,88 = 242 > IT = 179,44 (A)

2.2.3 Criterio de cortocircuito.

A la hora de elegir una sección adecuada también debemos tener en cuenta la posibilidad de un cortocircuito y que no nos rompa ni cause defectos importantes en nuestro cable.

Para ello se calcula la intensidad máxima de cortocircuito y a través de esta intensidad

la sección mínima de cortocircuito:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{350 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3} = 10103,62(A) = 10,1(kA)$$

Para la sección de cortocircuito debemos de tener en cuenta:

$$S_{cc} = \frac{I_{cc} \cdot \sqrt{t}}{K} = \frac{10103,62 \cdot \sqrt{0,5}}{126} = 56,7 \text{ mm}^2$$

I_{cc} -> Intensidad de cortocircuito

√t -> tiempo de cortocircuito

K -> Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito

Tabla 26. Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito, en A/mm², para conductores de aluminio

Tipo de aislamiento	Δθ* (K)	Duración del cortocircuito, tcc, en segundos									
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
PVC: sección ≤ 300 mm ²	90	240	170	138	107	98	76	62	53	48	43
sección > 300 mm ²	70	215	152	124	96	87	68	55	48	43	39
XLPE, EPR y HEPR	160	298	211	172	133	122	94	77	66	59	54
HEPR U0/U_S 18/30 kV	145	281	199	162	126	115	89	73	63	56	51

Nuestra sección elegida anteriormente es de 150mm² que es mayor que 56,7mm² con lo cual es válida.

2.2.4 Criterio de caída de tensión

La sección escogida es de 150mm², la resistencia y la reactancia de esta sección son:

R=0,277 Ω/Km X= 0,110 Ω/K

$$Z_{OR} = Km \cdot (R + jX) = 0,296 \cdot (0,277 + j0,11) = 0,081 + j0,032\Omega$$

TABLA VII
Resistencia a la frecuencia de 50 Hz (105 °C)

Sección nominal mm ²	Resistencia máxima en c.a. y a 105 °C en Ω/km			
	Cables Unipolares 		Cables Tripolares 	
	Cu	Al	Cu	Al
10	2.446	-	2.484	-
16	1.540	2.533	1.566	2.574
25	0.972	1.602	0.991	1.633
35	0.702	1.157	0.715	1.176
50	0.519	0.847	0.528	0.087
70	0.359	0.591	0.365	0.601
95	0.259	0.430	0.264	0.434
120	0.206	0.340	0.209	0.343
150	0.168	0.277	0.170	0.281
185	0.134	0.221	0.137	0.224
240	0.104	0.168	0.105	0.173
300	0.083	0.136	-	-
400	0.066	0.105	-	-
500	0.054	0.089	-	-

Nota: La caída de tensión de la línea para el caso de corriente alterna trifásica, se calcula con la fórmula aproximada: $\Delta U = \sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$. Donde L, en km, es la longitud de la línea. I, en A, es la intensidad de corriente a transportar. (Se recomienda ver ejemplo de cálculo en la página 34).

TABLA VIII
Reactancia la frecuencia de 50 Hz

Sección nominal mm ²	Reactancia X en Ω/km por fase Tensión nominal del cable						
	1,8/3 kV	3,6/6 kV	6/10 kV	8,7/15 kV	12/20 kV	12/25 kV	18/30 kV
Tres cables unipolares en contacto mutuo							
10	0.135	-	-	-	-	-	-
16	0.126	-	-	-	-	-	-
25	0.118	0.125	0.134	0.141	-	-	-
35	0.113	0.118	0.128	0.135	0.140	-	-
50	0.108	0.113	0.122	0.128	0.130	0.140	0.148
70	0.101	0.106	0.115	0.120	0.122	0.130	0.137
95	0.099	0.102	0.110	0.115	0.118	0.121	0.129
120	0.095	0.098	0.106	0.111	0.112	0.118	0.123
150	0.093	0.096	0.102	0.108	0.110	0.115	0.118
185	0.089	0.093	0.100	0.104	0.106	0.110	0.113
240	0.088	0.090	0.097	0.101	0.102	0.106	0.109
300	0.086	0.088	0.093	0.097	0.099	0.103	0.105
400	0.085	0.086	0.091	0.095	0.096	0.100	0.102
500	0.084	0.084	0.089	0.092	0.093	0.096	0.099

$$\Delta U_{OR} = \sqrt{3} \cdot I_t \cdot Z_{OR} = \sqrt{3} \cdot (179,44\angle - 25,84) \cdot (0,081 + j0,032) = 26,99 - j2,02 (V)$$

En tanto por ciento nos queda:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U_{OR}}{U - \Delta U_{OR}} \cdot 100 = \frac{26,99 - j2,02}{20 \cdot 10^3 - (26,99 - j2,02)} \cdot 100 = 0,135\% < 5\%$$

Al ser menor que el 5% la sección de 150mm² es válida.

2.3 Cálculos LSMT de Centro reparto-Centro de Abonado

2.3.1 Características de la línea.

La línea de centro de reparto (CTR) hasta el centro de abonado necesita una carga de un transformador de 630 KVA.

La potencia de la línea deberá de soportar una potencia máxima de 630 KVA.

La línea transcurre por una zona de categoría B con lo cual su tensión nominal será

12/20KV.

El cable a utilizar es el Etileno Propileno de alto módulo (HEPR). Directamente enterrado a un metro de profundidad. Agrupados como máximo por dos ternas de cables a una distancia de separación de 0,6m.

La resistividad térmica del terreno se considera arenoso muy seco 1,5 k·m/w.

El tiempo de cortocircuito será de 0,5 segundos.

La temperatura del terreno $\Theta = 30^{\circ}\text{C}$

La potencia de cortocircuito es de 350MVA

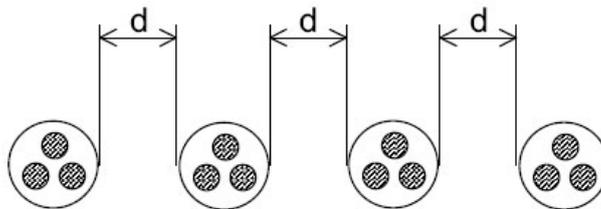
Con estas características nos vamos a la ITC-LAT-06 y a través de las tablas seleccionamos el factor de corrección de la intensidad y las intensidades admisibles.

Tabla 6. Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV directamente enterrados

Sección (mm ²)	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	125	96	130	100	135	105
35	145	115	155	120	160	125
50	175	135	180	140	190	145
70	215	165	225	170	235	180
95	255	200	265	205	280	215
120	290	225	300	235	320	245
150	325	255	340	260	360	275
185	370	285	380	295	405	315
240	425	335	440	345	470	365
300	480	375	490	390	530	410
400	540	430	560	445	600	470

Tabla 10. Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares

		Factor de corrección								
Tipo de instalación	Separación de los ternos	Número de ternos de la zanja								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cables directamente enterrados	En contacto (d=0 cm)	0,76	0,65	0,58	0,53	0,50	0,47	0,45	0,43	0,42
	d = 0,2 m	0,82	0,73	0,68	0,64	0,61	0,59	0,57	0,56	0,55
	d = 0,4 m	0,86	0,78	0,75	0,72	0,70	0,68	0,67	0,66	0,65
	d = 0,6 m	0,88	0,82	0,79	0,77	0,76	0,74	0,74	0,73	-
	d = 0,8 m	0,90	0,85	0,83	0,81	0,80	0,79	-	-	-
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	-	-	-	-



En resumen el factor de corrección de la intensidad del cable nos queda:

$$f.d.c = 0,88$$

2.3.2 Criterio de calentamiento.

Para el criterio de calentamiento debemos de calcular la intensidad a soportar por la

línea y aplicarle el factor de corrección, irnos a la Tabla6 de la ITC-LAT-06 y seleccionar la sección de nuestro cable.

Intensidad total de la LSMT:

$$I = \frac{S \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U} (A)$$

I = Intensidad en Amperios

S = Potencia de cálculo en kVA.

U = Tensión de servicio en kV.

$$I = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 20} = 18,18 \angle - 25,84(A)$$

Aplicamos nuestro factor de corrección:

$$I_{tablas} = \frac{I_T}{f.d.c} = \frac{18,18}{0,88} = 20,65(A)$$

Seleccionamos una intensidad mayor en la tabla:

Tabla 6. Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV directamente enterrado

Sección (mm ²)	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	125	96	130	100	135	105
35	145	115	155	120	160	125
50	175	135	180	140	190	145
70	215	165	225	170	235	180
95	255	200	265	205	280	215
120	290	225	300	235	320	245
150	325	255	340	260	360	275
185	370	285	380	295	405	315
240	425	335	440	345	470	365
300	480	375	490	390	530	410
400	540	430	560	445	600	470

Con una sección de 25 mm² nos vale pero Iberdrola nos exige como mínimo una sección de 150mm².

SECCION 150mm² I = 275 (A)

I admisible = 275 · 0,88 = 242 > IT = 18,18 (A)

2.3.3 Criterio de cortocircuito.

A la hora de elegir una sección adecuada también debemos tener en cuenta la posibilidad de un cortocircuito y que no nos rompa ni cause defectos importantes en nuestro cable.

Para ello se calcula la intensidad máxima de cortocircuito y a través de esta intensidad

la sección mínima de cortocircuito:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{350 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3} = 10103,62(A) = 10,1(kA)$$

Para la sección de cortocircuito debemos de tener en cuenta:

$$S_{cc} = \frac{I_{cc} \cdot \sqrt{t}}{K} = \frac{10103,62 \cdot \sqrt{0,5}}{126} = 56,7 \text{ mm}^2$$

I_{cc} -> Intensidad de cortocircuito

√t -> tiempo de cortocircuito

K -> Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito

Tabla 26. Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito, en A/mm², para conductores de aluminio

Tipo de aislamiento	Δθ* (K)	Duración del cortocircuito, tcc, en segundos										
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	
PVC:												
sección ≤ 300 mm ²	90	240	170	138	107	98	76	62	53	48	43	
sección > 300 mm ²	70	215	152	124	96	87	68	55	48	43	39	
XLPE, EPR y HEPR	160	298	211	172	133	122	94	77	66	59	54	
HEPR U ₀ /U _s 18/30 kV	145	281	199	162	126	115	89	73	63	56	51	

Nuestra sección elegida anteriormente es de 150mm² que es mayor que 56,7mm² con

lo cual es válida.

2.3.4 Criterio de caída de tensión

La sección escogida es de 150mm², la resistencia y la reactancia de esta sección son:

$$R=0,277 \Omega/\text{Km} \quad X= 0,110 \Omega/\text{K}$$

$$Z_{0A} = Km \cdot (R + jX) = 0,199 \cdot (0,277 + j0,11) = 0,055 + j0,021\Omega$$

TABLA VII
Resistencia a la frecuencia de 50 Hz (105 °C)

Sección nominal mm ²	Resistencia máxima en c.a. y a 105 °C en Ω/km			
	Cables Unipolares 		Cables Trípolares 	
	Cu	Al	Cu	Al
10	2.446	-	2.484	-
16	1.540	2.533	1.566	2.574
25	0.972	1.602	0.991	1.633
35	0.702	1.157	0.715	1.176
50	0.519	0.847	0.528	0.087
70	0.359	0.591	0.365	0.601
95	0.259	0.430	0.264	0.434
120	0.206	0.340	0.209	0.343
150	0.168	0.277	0.170	0.281
185	0.134	0.221	0.137	0.224
240	0.104	0.168	0.105	0.173
300	0.083	0.136	-	-
400	0.066	0.105	-	-
500	0.054	0.089	-	-

Nota: La caída de tensión de la línea para el caso de corriente alterna trifásica, se calcula con la fórmula aproximada: $\Delta U = \sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$. Donde L, en km, es la longitud de la línea. I, en A, es la intensidad de corriente a transportar. (Se recomienda ver ejemplo de cálculo en la página 34).

TABLA VIII
Reactancia la frecuencia de 50 Hz

Sección nominal mm ²	Reactancia X en Ω/km por fase Tensión nominal del cable						
	1,8/3 kV	3,6/6 kV	6/10 kV	8,7/15 kV	12/20 kV	12/25 kV	18/30 kV
Tres cables unipolares en contacto mutuo							
10	0.135	-	-	-	-	-	-
16	0.126	-	-	-	-	-	-
25	0.118	0.125	0.134	0.141	-	-	-
35	0.113	0.118	0.128	0.135	0.140	-	-
50	0.108	0.113	0.122	0.128	0.130	0.140	0.148
70	0.101	0.106	0.115	0.120	0.122	0.130	0.137
95	0.099	0.102	0.110	0.115	0.118	0.121	0.129
120	0.095	0.098	0.106	0.111	0.112	0.118	0.123
150	0.093	0.096	0.102	0.108	0.110	0.115	0.118
185	0.089	0.093	0.100	0.104	0.106	0.110	0.113
240	0.088	0.090	0.097	0.101	0.102	0.106	0.109
300	0.086	0.088	0.093	0.097	0.099	0.103	0.105
400	0.085	0.086	0.091	0.095	0.096	0.100	0.102
500	0.084	0.084	0.089	0.092	0.093	0.096	0.099

$$\begin{aligned} \Delta U_{R-CC} &= \sqrt{3} \cdot I_t \cdot Z_{R-CC} = \sqrt{3} \cdot (18,18\angle - 25,84) \cdot (0,055 + j0,021) \\ &= 1,84 - j0,16 (V) \end{aligned}$$

En tanto por ciento nos queda:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U_{R-6}}{U - \Delta U_{R-6}} \cdot 100 = \frac{1,84 - j0,16}{20 \cdot 10^3 - (1,84 - j0,16)} \cdot 100 = 0,009\% < 5\%$$

Al ser menor que el 5% la sección de 150mm² es válida.

2.4 Cálculos Anillo MT.

2.4.1 Características de la línea.

El anillo consta de 14 transformadores, cada uno de ellos con una potencia de de 400KVA.

La potencia de la línea deberá de soportar una potencia máxima de 5600 KVA.

La línea transcurre por una zona de categoría B con lo cual su tensión nominal será

12/20KV.

El cable a utilizar es el Etileno Propileno de alto módulo (HEPR). Directamente enterrado a un metro de profundidad. Agrupados como máximo por dos ternas de cables a una distancia de separación de 0,6m.

La resistividad térmica del terreno se considera arenoso muy seco 1,5 k·m/w.

El tiempo de cortocircuito será de 0,5 segundos.

La temperatura del terreno $\Theta = 30^{\circ}\text{C}$

La potencia de cortocircuito es de 350MVA

Con estas características nos vamos a la ITC-LAT-06 y a través de las tablas seleccionamos el factor de corrección de la intensidad y las intensidades admisibles por el cable.

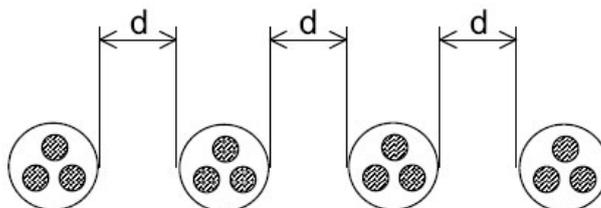
Tabla 6. Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV directamente enterrados

Sección (mm ²)	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	125	96	130	100	135	105
35	145	115	155	120	160	125
50	175	135	180	140	190	145
70	215	165	225	170	235	180
95	255	200	265	205	280	215
120	290	225	300	235	320	245
150	325	255	340	260	360	275
185	370	285	380	295	405	315
240	425	335	440	345	470	365
300	480	375	490	390	530	410
400	540	430	560	445	600	470

Por el agrupamiento de los cables tenemos que tener en cuenta:

Tabla 10. Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares

		Factor de corrección								
Tipo de instalación	Separación de los ternos	Número de ternos de la zanja								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cables directamente enterrados	En contacto (d=0 cm)	0,76	0,65	0,58	0,53	0,50	0,47	0,45	0,43	0,42
	d = 0,2 m	0,82	0,73	0,68	0,64	0,61	0,59	0,57	0,56	0,55
	d = 0,4 m	0,86	0,78	0,75	0,72	0,70	0,68	0,67	0,66	0,65
	d = 0,6 m	0,88	0,82	0,79	0,77	0,76	0,74	0,74	0,73	-
	d = 0,8 m	0,90	0,85	0,83	0,81	0,80	0,79	-	-	-
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	-	-	-	-



En resumen el factor de corrección de la intensidad del cable nos queda:

$$f.d.c = 0,88$$

2.4.2 Criterio de calentamiento.

Para el criterio de calentamiento debemos de calcular la intensidad a soportar por la

línea y aplicarle el factor de corrección, irnos a la Tabla6 de la ITC-LAT-06 y seleccionar la sección de nuestro cable.

Intensidad total de la LSMT:

$$I = \frac{S \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U} (A)$$

I = Intensidad en Amperios

S = Potencia de cálculo en kVA.

U = Tensión de servicio en kV.

$$I = \frac{5600}{\sqrt{3} \cdot 20} = 161,65 \angle - 25,84(A)$$

Aplicamos nuestro factor de corrección:

$$I_{tablas} = \frac{I_T}{f.d.c} = \frac{161,65}{0,88} = 183,69(A)$$

Seleccionamos una intensidad mayor en la tabla:

Tabla 6. Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV directamente enterrado

Sección (mm ²)	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	125	96	130	100	135	105
35	145	115	155	120	160	125
50	175	135	180	140	190	145
70	215	165	225	170	235	180
95	255	200	265	205	280	215
120	290	225	300	235	320	245
150	325	255	340	260	360	275
185	370	285	380	295	405	315
240	425	335	440	345	470	365
300	480	375	490	390	530	410
400	540	430	560	445	600	470

Iberdrola nos exige como mínimo una sección de 150mm².

SECCION 150mm² I = 275 (A)

Iadmisible = 275 · 0,88 = 242 > IT = 161,65(A)

2.4.3 Criterio de cortocircuito.

A la hora de elegir una sección adecuada también debemos tener en cuenta la posibilidad de un cortocircuito y que no nos rompa ni cause defectos importantes en

nuestro cable.

Para ello se calcula la intensidad máxima de cortocircuito y a través de esta intensidad

la sección mínima de cortocircuito:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{350 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3} = 10103,62(A) = 10,1(kA)$$

Para la sección de cortocircuito debemos de tener en cuenta:

$$S_{cc} = \frac{I_{cc} \cdot \sqrt{t}}{K} = \frac{10103,62 \cdot \sqrt{0,5}}{126} = 56,7 \text{ mm}^2$$

I_{cc} -> Intensidad de cortocircuito

√t -> tiempo de cortocircuito

K -> Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito

Tabla 26. Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito, en A/mm², para conductores de aluminio

Tipo de aislamiento	Δθ* (K)	Duración del cortocircuito, tcc, en segundos									
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
PVC:											
sección ≤ 300 mm ²	90	240	170	138	107	98	76	62	53	48	43
sección > 300 mm ²	70	215	152	124	96	87	68	55	48	43	39
XLPE, EPR y HEPR	160	298	211	172	133	122	94	77	66	59	54
HEPR Uo/U _s 18/30 kV	145	281	199	162	126	115	89	73	63	56	51

Nuestra sección elegida anteriormente es de 150mm² que es mayor que 56,7mm² con

lo cual es válida.

2.4.4 Criterio de caída de tensión

La sección escogida es de 150mm², la resistencia y la reactancia de esta sección son:

$$R=0,277 \Omega/\text{Km} \quad X= 0,11 \Omega/\text{K}$$

TABLA VII

Resistencia a la frecuencia de 50 Hz (105 °C)

Sección nominal mm ²	Resistencia máxima en c.a. y a 105 °C en Ω/km			
	Cables Unipolares 		Cables Tripolares 	
	Cu	Al	Cu	Al
10	2.446	-	2.484	-
16	1.540	2.533	1.566	2.574
25	0.972	1.602	0.991	1.633
35	0.702	1.157	0.715	1.176
50	0.519	0.847	0.528	0.087
70	0.359	0.591	0.365	0.601
95	0.259	0.430	0.264	0.434
120	0.206	0.340	0.209	0.343
150	0.168	0.277	0.170	0.281
185	0.134	0.221	0.137	0.224
240	0.104	0.168	0.105	0.173
300	0.083	0.136	-	-
400	0.066	0.105	-	-
500	0.054	0.089	-	-

Nota: La caída de tensión de la línea para el caso de corriente alterna trifásica, se calcula con la fórmula aproximada: $\Delta U = \sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot (R \cdot \cos \phi + X \cdot \sin \phi)$. Donde L, en km, es la longitud de la línea. I, en A, es la intensidad de corriente a transportar. (Se recomienda ver ejemplo de cálculo en la página 34).

TABLA VIII

Reactancia la frecuencia de 50 Hz

Sección nominal mm ²	Reactancia X en Ω/km por fase Tensión nominal del cable						
	1,8/3 kV	3,6/6 kV	6/10 kV	8,7/15 kV	12/20 kV	12/25 kV	18/30 kV
Tres cables unipolares en contacto mutuo							
10	0.135	-	-	-	-	-	-
16	0.126	-	-	-	-	-	-
25	0.118	0.125	0.134	0.141	-	-	-
35	0.113	0.118	0.128	0.135	0.140	-	-
50	0.108	0.113	0.122	0.128	0.130	0.140	0.148
70	0.101	0.106	0.115	0.120	0.122	0.130	0.137
95	0.099	0.102	0.110	0.115	0.118	0.121	0.129
120	0.095	0.098	0.106	0.111	0.112	0.118	0.123
150	0.093	0.096	0.102	0.108	0.110	0.115	0.118
185	0.089	0.093	0.100	0.104	0.106	0.110	0.113
240	0.088	0.090	0.097	0.101	0.102	0.106	0.109
300	0.086	0.088	0.093	0.097	0.099	0.103	0.105
400	0.085	0.086	0.091	0.095	0.096	0.100	0.102
500	0.084	0.084	0.089	0.092	0.093	0.096	0.099

La intensidad máxima admisible del cable:

TABLA IX bis

Intensidad máxima admisible (A), en servicio permanente, para cables aislados con HEPR (Eprotenax Compact) con armadura.

Sección nominal mm ²	Tensión nominal					
	105 °C 1,8/3 kV a 18/30 kV					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Conductores de Cu						
10	-	-	-	-	-	-
16	120	105	105	98	100	94
25	155	140	135	125	130	120
35	190	170	160	145	155	145
50	225	205	190	175	185	170
70	280	255	235	215	225	210
95	335	305	275	250	265	245
120	385	350	310	285	300	280
150	435	395	345	315	335	310
185	495	450	385	355	380	350
240	575	530	435	400	440	415
300	650	605	480	445	495	465
400	745	-	530	490	-	-
500	855	-	585	545	-	-
630	975	-	635	595	-	-
Conductores de Al						
16	90	80	80	76	78	72
25	115	110	100	95	100	90
35	140	130	125	115	120	110
50	170	160	150	135	140	130
70	210	195	180	165	170	160
95	255	235	215	195	205	190
120	295	270	245	220	230	215
150	330	305	270	250	260	240
185	380	345	305	280	290	270
240	445	405	350	325	335	315
300	505	470	390	360	385	360
400	585	-	440	405	-	-
500	675	-	490	460	-	-
630	775	-	545	510	-	-

SECCION 150mm² I = 270 (A)

$$I_{\text{admisible}} = 270 \cdot 0,88 = 237,6 > I_T = 57.74 \text{ (A)}$$

$$R = 0,277 \Omega \quad X = 0,11 \Omega$$

Calculamos las intensidades y las impedancias de los distintos tramos del siguiente circuito:

Tramo	longitud (m)	ongitud acumulada (m)	potencia (kVA)	SxL
1 (CTR-CT5)	251,72	251,72	400	100688
2 (CT5-CT6)	187,82	439,54	400	175816
3 (CT6-CT13)	31,16	470,7	400	188280
4 (CT13-CT9)	135,32	606,02	400	242408
5 (CT9-CT7)	286,93	892,95	400	357180
6 (CT7-CT11)	169,89	1062,84	400	425136
7 (CT11-CT12)	34,23	1097,07	400	438828
8 (CT12-CT8)	145,59	1242,66	400	497064
9 (CT8-CT10)	66,15	1308,81	400	523524
10 (CT10-CT4)	138,68	1447,49	400	578996
11 (CT4-CT2)	106,26	1553,75	400	621500
12 (CT2-CT3)	120,09	1673,84	400	669536
13 (CT3-CT1)	182,15	1855,99	400	742396
14 (CT1-CTR)	198,82	2054,81	400	821924

INTENSIDADES:

$I_{ct5} = 11,5470054 \angle -25,84$
 $I_{ct5} = 10,386 \quad -5,03 \text{ j}$
 $I_{ct6} = 11,5470054 \angle -25,84$
 $I_{ct6} = 10,386 \quad -5,03 \text{ j}$
 $I_{ct13} = 11,5470054 \angle -25,84$
 $I_{ct13} = 10,386 \quad -5,03 \text{ j}$
 $I_{ct9} = 11,5470054 \angle -25,84$
 $I_{ct9} = 10,386 \quad -5,03 \text{ j}$
 $I_{ct7} = 11,5470054 \angle -25,84$
 $I_{ct7} = 10,386 \quad -5,03 \text{ j}$
 $I_{ct11} = 11,5470054 \angle -25,84$
 $I_{ct11} = 10,386 \quad -5,03 \text{ j}$
 $I_{ct12} = 11,5470054 \angle -25,84$
 $I_{ct12} = 10,386 \quad -5,03 \text{ j}$
 $I_{ct8} = 11,5470054 \angle -25,84$
 $I_{ct8} = 10,386 \quad -5,03 \text{ j}$
 $I_{ct10} = 11,5470054 \angle -25,84$
 $I_{ct10} = 10,386 \quad -5,03 \text{ j}$
 $I_{ct4} = 11,5470054 \angle -25,84$
 $I_{ct4} = 10,386 \quad -5,03 \text{ j}$
 $I_{ct2} = 11,5470054 \angle -25,84$
 $I_{ct2} = 10,386 \quad -5,03 \text{ j}$
 $I_{ct3} = 11,5470054 \angle -25,84$

$I_{ct3} =$	10,386	-5,03 j
$I_{ct1} =$	11,5470054	$\angle -25,84$
$I_{ct1} =$	10,386	-5,03 j
$I_{ctR} =$	0,02285714	$\angle -25,84$
$I_{ctR} =$	10,386	-5,03 j

IMPEDANCIAS:

$Z_{R-5} =$	0,06972644+	j0,02819264
$Z_{R-6} =$	0,12175258+	j0,04922848
$Z_{R-13} =$	0,1303839+	j0,0527184
$Z_{R-9} =$	0,16786754+	j0,06787424
$Z_{R-7} =$	0,24734715+	j0,1000104
$Z_{R-11} =$	0,29440668+	j0,11903808
$Z_{R-12} =$	0,30388839+	j0,12287184
$Z_{R-8} =$	0,34421682+	j0,13917792
$Z_{R-10} =$	0,36254037+	j0,14658672
$Z_{R-4} =$	0,40095473+	j0,16211888
$Z_{R-2} =$	0,43038875+	j0,17402
$Z_{R-3} =$	0,46365368+	j0,18747008
$Z_{R-1} =$	0,51410923+	j0,20787088
$Z_{R-R} =$	0,56918237+	j0,23013872

$$I_Y = \frac{\sum Z \cdot I_i}{\sum Z}$$

$$= \frac{I \cdot (Z_{R-5} + Z_{R-6} + Z_{R-13} + Z_{R-9} + Z_{R-7} + Z_{R-11} + Z_{R-12} + Z_{R-8} + Z_{R-10} + Z_{R-4} + Z_{R-2} + Z_{R-3} + Z_{R-1})}{Z_{R-R}}$$

$$= 78,13\angle -25,84 = 70,31 - j34,05$$

$$I_X = \sum i - I_Y = (161,65\angle -25,84) - (78,13\angle -25,84) = 83,52\angle -25,84$$

$$= 75,16 - j36,4$$

Una vez obtenidos estos datos debemos de suponer que todas las intensidades van en el mismo sentido para calcular el punto de mínima tensión:

$$I_Y = 78,13\angle -25,84$$

$$I_{1-3} = I_Y - I_1 = (78,13\angle -25,84) - (11,54\angle -25,84) = 59,93 - j29,02$$

$$I_{3-2} = I_{1-3} - I_3 = (59,93 - j29,02) - (11,54\angle -25,84) = 49,54 - j23,99$$

$$I_{2-4} = I_{3-2} - I_2 = (49,54 - j23,99) - (11,54\angle -25,84) = 39,15 - j18,96$$

$$I_{4-10} = I_{2-4} - I_4 = (39,15 - j18,96) - (11,54\angle -25,84) = 28,77 - j13,93$$

$$I_{10-8} = I_{4-10} - I_{10} = (28,77 - j13,93) - (11,54\angle - 25,84) = 18,38 - j8,9$$

$$I_{8-12} = I_{10-8} - I_8 = (18,38 - j8,9) - (11,54\angle - 25,84) = 7,99 - j3,87$$

$$I_{12-11} = I_{8-12} - I_{12} = (7,99 - j3,87) - (11,54\angle - 25,84) = -2,39 + j1,15$$

Al cambiar los dos signos con respecto de la intensidad principal (I_Y) sabemos que el punto de mínima tensión es el punto 12.

El circuito lo tenemos que separar en dos ramas. Calculamos la caída de tensión de una rama ya que la de la otra será idéntica:

$$I_Y = 78,13\angle - 25,84$$

$$I_{12''} = I_{10-8} - I_8 = (18,38 - j8,9) - (11,54\angle - 25,84) = 7,99 - j3,87$$

$$Z_{R-1} = Km \cdot (R + jX) = 0,198 \cdot (0,277 + j0,11) = 0,054 + j0,021\Omega$$

$$Z_{1-3} = Km \cdot (R + jX) = 0,182 \cdot (0,277 + j0,11) = 0,05 + j0,02\Omega$$

$$Z_{3-2} = Km \cdot (R + jX) = 0,12 \cdot (0,277 + j0,11) = 0,033 + j0,013\Omega$$

$$Z_{2-4} = Km \cdot (R + jX) = 0,106 \cdot (0,277 + j0,11) = 0,029 + j0,011\Omega$$

$$Z_{4-10} = Km \cdot (R + jX) = 0,138 \cdot (0,277 + j0,11) = 0,038 + j0,015\Omega$$

$$Z_{10-8} = Km \cdot (R + jX) = 0,066 \cdot (0,277 + j0,11) = 0,018 + j0,007\Omega$$

$$Z_{8-12''} = Km \cdot (R + jX) = 0,145 \cdot (0,277 + j0,11) = 0,04 + j0,015\Omega$$

La caída de tensión viene expresada por:

$$\Delta U_{0-12''} = \sqrt{3} \cdot [(I_{8-12''} \cdot Z_{8-12''}) + (I_{10-8} \cdot Z_{10-8}) + (I_{4-10} \cdot Z_{4-10}) + (I_{2-4} \cdot Z_{2-4}) + (I_{3-2} \cdot Z_{3-2}) + (I_{1-3} \cdot Z_{1-3}) + (I_Y \cdot Z_{R-1})]$$

$$\begin{aligned} \Delta U_{0-12''} = \sqrt{3} \cdot [& ((7,99 - j3,87) \cdot (0,04 + j0,015)) \\ & + ((18,38 - j8,9) \cdot (0,018 + j0,007)) \\ & + ((28,77 - j13,93) \cdot (0,038 + j0,015)) \\ & + ((39,15 - j18,96) \cdot (0,029 + j0,011)) \\ & + ((49,54 - j23,99) \cdot (0,033 + j0,013)) \\ & + ((59,1 - j28,62) \cdot (0,05 + j0,02)) \\ & + ((70,31 - j34,05) \cdot (0,054 + j0,021))] = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta U_{0-12''} = \sqrt{3} [& (0,377 - j0,034) + (0,393 - j0,031) + (1,302 - j0,097) \\ & + (1,343 - j0,119) + (1,946 - j0,147) + (3,527 - j0,249) \\ & + (4,511 - j0,362)] = 22,31 - j0,9 \end{aligned}$$

En tanto por ciento nos queda:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U_{0-12''}}{U - \Delta U_{0-12''}} \cdot 100 = \frac{22,31 - j0,9}{20 \cdot 10^3 - (22,31 - j0,9)} \cdot 100 = 0,11\% < 5\%$$

Al ser menor que el 5% la sección de 150mm² es válida.

2.5 Calculo Transformador Miniblock.

2.5.1 Intensidad de Media Tensión.

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

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

Donde:

P potencia del transformador [kVA]

U_p tensión primaria [kV]

I_p intensidad primaria [A]

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

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 400 kVA.

$$\cdot I_p = 11,5 \text{ A}$$

2.5.2 Intensidad de Baja Tensión.

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 400 kVA, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío.

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

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

Donde:

P potencia del transformador [kVA]

Us tensión en el secundario [kV]

Is intensidad en el secundario [A]

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

· Is = 549,9 A.

2.5.3 Cortocircuitos.

2.5.3.1 Observaciones.

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito. se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de MT, valor especificado por la compañía eléctrica.

2.5.3.2 Calculo de las intensidades de cortocircuito.

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

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

donde:

Scc potencia de cortocircuito de la red [MVA]

Up tensión de servicio [kV]

Iccp corriente de cortocircuito [kA]

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales. La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

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

donde:

P potencia de transformador [kVA]

Ecc tensión de cortocircuito del transformador [%]

Us tensión en el secundario [V]
I_{ccs} corriente de cortocircuito [kA]

2.5.3.3 Cortocircuito en el lado de Media Tensión.

Utilizando la expresión anterior en el que la potencia de cortocircuito es de 350 MVA y la tensión de servicio 20 kV, la intensidad de cortocircuito es: $I_{ccp} = 10,1 \text{ kA}$

2.5.3.4 Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Para el único transformador de este Centro de Transformación, la potencia es de 400 kVA, la tensión porcentual del cortocircuito del 4%, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío
La intensidad de cortocircuito en el lado de BT con 420 V en vacío será:

· $I_{ccs} = 13,7 \text{ kA}$

2.5.4 Dimensionado del embarrado.

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

2.5.4.1 Comprobación por densidad de corriente.

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material conductor. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 400 A.

2.5.4.2 Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito calculada anteriormente. Por lo que:

· $I_{cc(din)} = 25,3 \text{ kA}$

2.5.4.3 Comprobación por sollicitación térmica.

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un

calentamiento excesivo de la aparamenta por defecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor. En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

· $I_{cc(ter)} = 10,1 \text{ kA}$.

2.5.5 Protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

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

Transformador

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

Estos fusibles realizan su función de protección de forma ultrarrápida (de tiempos inferiores a los de los interruptores automáticos), ya que su fusión evita incluso el paso

del máximo de las corrientes de cortocircuitos por toda la instalación.

Los fusibles se seleccionan para:

· Permitir el funcionamiento continuado a la intensidad nominal, requerida para esta aplicación.

· No producir disparos durante el arranque en vacío de los transformadores, tiempo en el que la intensidad es muy superior a la nominal y de una duración intermedia.

· No producir disparos cuando se producen corrientes de entre 10 y 20 veces la nominal, siempre que su duración sea inferior a 0,1 s, evitando así que los fenómenos transitorios provoquen interrupciones del suministro.

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

La intensidad nominal de estos fusibles es de 25 A.

La celda de protección de este transformador no incorpora relé, al considerarse suficiente el empleo de las otras protecciones.

Termómetro

El termómetro verifica que la temperatura del dieléctrico del transformador no supera

los valores máximos admisibles.

- Protecciones en BT

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

como mínimo igual a la corriente de cortocircuito correspondiente.

2.5.6 Dimensionado de los puentes de MT

Los cables que se utilizan en esta instalación, descritos en la memoria, deberán ser

capaces de soportar los parámetros de la red.

Transformador 1

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

Este valor es de 150 A para un cable de sección de 50 mm² de Al según el fabricante.

2.5.7 Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación.

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

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

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

2.4.8 Dimensionado del pozo apagafuegos.

Se dispone de un foso de recogida de aceite de 600 l de capacidad por cada transformador cubierto de grava para la absorción del fluido y para prevenir el vertido

del mismo hacia el exterior y minimizar el daño en caso de fuego.

2.5.9 Calculo de las instalaciones de puesta a tierra.

2.5.9.1 Investigación de las características del suelo

El Reglamento de Alta Tensión indica que para instalaciones de tercera categoría, y de

intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen

visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para

corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina la resistividad media en 350 Ohm·m.

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

En las instalaciones de MT de tercera categoría, los parámetros que determinan los

cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

De la red:

- Tipo de neutro. El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.

- Tipo de protecciones. Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente).

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

No obstante, y dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando la intensidad

máxima empírica y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben

ser indicados por la compañía eléctrica.

Intensidad máxima de defecto:

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

Donde:

U_n Tensión de servicio [kV]

R_n Resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

X_n Reactancia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

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

La $I_{d \max}$ en este caso será:

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

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

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

2.5.9.3 Diseño preliminar de la instalación de tierra

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en las configuraciones tipo presentadas en el Anexo 2 del método de cálculo de instalaciones

de puesta a tierra de UNESA, que esté de acuerdo con la forma y dimensiones del Centro de Transformación, según el método de cálculo desarrollado por este organismo.

2.5.9.4 Cálculo de la resistencia del sistema de tierra

Características de la red de alimentación:

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

Puesta a tierra del neutro:

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

Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT:

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

Características del terreno:

- Resistencia de tierra $R_o = 350 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$
- Resistencia del hormigón $R'o = 3000 \text{ Ohm}$

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

del defecto salen de:

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

Donde:

I_d intensidad de falta a tierra [A]

R_t resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

V_{bt} tensión de aislamiento en baja tensión [V]

La intensidad del defecto se calcula de la siguiente forma:

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

Donde:

U_n tensión de servicio [V]

R_n resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

R_t resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

X_n reactancia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

I_d intensidad de falta a tierra [A]

Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

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

La resistencia total de puesta a tierra preliminar:

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

Se selecciona el electrodo tipo (de entre los incluidos en las tablas, y de aplicación en

este caso concreto, según las condiciones del sistema de tierras) que cumple el requisito de tener una K_r más cercana inferior o igual a la calculada para este caso y

para este centro.

Valor unitario de resistencia de puesta a tierra del electrodo:

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

Donde:

R_t resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

Ro resistividad del terreno en [Ohm·m]
Kr coeficiente del electrodo
- Centro de Transformación

Para nuestro caso particular, y según los valores antes indicados:
· Kr ≤ 0,1237

La configuración adecuada para este caso tiene las siguientes propiedades:
· Configuración seleccionada: 50-25/5/42

- Geometría del sistema: Anillo rectangular
- Distancia de la red: 5.0x2.5 m
- Profundidad del electrodo horizontal: 0,5 m
- Número de picas: cuatro
- Longitud de las picas: 2 metros

Parámetros característicos del electrodo:

- De la resistencia Kr = 0,097
- De la tensión de paso Kp = 0,0221
- De la tensión de contacto Kc = 0,0483

Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto.

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

- Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del Edificio/s no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.
- En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra del mismo.
- En el caso de instalar las picas en hilera, se dispondrán alineadas con el frente del edificio.

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

$$R'_t = K_r \cdot R_0$$

Donde:

Kr coeficiente del electrodo
Ro resistividad del terreno en [Ohm·m]
R't resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

Por lo que para el Centro de Transformación:
· R't = 33,95 Ohm

y la intensidad de defecto real:

· $I'd = 273,87 \text{ A}$

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

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de paso y contacto en el interior en los edificios de maniobra interior, ya que éstas son prácticamente nulas.

La tensión de defecto vendrá dada por:

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

Donde:

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

$I'd$ intensidad de defecto [A]

$V'd$ tensión de defecto [V]

Por lo que en el Centro de Transformación:

· $V'd = 9298,05 \text{ V}$

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

$$V'_c = K_c \cdot R_0 \cdot I'_d$$

Donde:

K_c coeficiente

R_0 resistividad del terreno en [Ohm·m]

$I'd$ intensidad de defecto [A]

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

Por lo que tendremos en el Centro de Transformación:

· $V'c = 4629,85 \text{ V}$

2.5.9.6 Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación

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

Tensión de paso en el exterior:

$$V'_p = K_p \cdot R_0 \cdot I'_d$$

Donde:

Kp coeficiente

Ro resistividad del terreno en [Ohm·m]

I'd intensidad de defecto [A]

V'p tensión de paso en el exterior [V]

Por lo que, para este caso:

- V'p = 2118,42 V en el Centro de Transformación

2.5.9.7 Cálculo de las tensiones aplicadas

- Centro de Transformación

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

- t = 0,7 seg
- K = 72
- n = 1

Tensión de paso en el exterior:

$$V_p = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot R_0}{1000}\right)$$

Donde:

K coeficiente

t tiempo total de duración de la falta [s]

n coeficiente

Ro resistividad del terreno en [Ohm·m]

Vp tensión admisible de paso en el exterior [V]

Por lo que, para este caso:

- Vp = 3188,57 V

La tensión de paso en el acceso al edificio:

$$V_{p(acc)} = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot R_0 + 3 \cdot R'_0}{1000}\right)$$

Donde:

K coeficiente

t tiempo total de duración de la falta [s]

n coeficiente
Ro resistividad del terreno en [Ohm·m]
R'o resistividad del hormigón en [Ohm·m]
Vp(acc) tensión admisible de paso en el acceso [V]

Por lo que, para este caso

$$\cdot V_p(\text{acc}) = 11365,71 \text{ V}$$

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

Tensión de paso en el exterior del centro:

$$\cdot V'_p = 2118,42 \text{ V} < V_p = 3188,57 \text{ V}$$

Tensión de paso en el acceso al centro:

$$\cdot V'_p(\text{acc}) = 4629,85 \text{ V} < V_p(\text{acc}) = 11365,71 \text{ V}$$

Tensión de defecto:

$$\cdot V'_d = 9298,05 \text{ V} < V_{bt} = 10000 \text{ V}$$

Intensidad de defecto:

$$\cdot I_a = 50 \text{ A} < I_d = 273,87 \text{ A} < I_{dm} = 400 \text{ A}$$

2.5.9.8 Investigación de las tensiones transferibles al exterior

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando así que afecten a los usuarios, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas,

siempre que la tensión de defecto supere los 1000V.

En este caso es imprescindible mantener esta separación, al ser la tensión de defecto

superior a los 1000 V indicados.

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

$$D = \frac{R_0 \cdot I'_d}{2000 \cdot \pi}$$

Donde:

Ro resistividad del terreno en [Ohm·m]

I'd intensidad de defecto [A]

D distancia mínima de separación [m]

Para este Centro de Transformación:

$$\cdot D = 15,26 \text{ m}$$

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

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

- Identificación: 5/42 (según método UNESA)
- Geometría: Picas alineadas
- Número de picas: cuatro
- Longitud entre picas: 2 metros
- Profundidad de las picas: 0,5 m

Los parámetros según esta configuración de tierras son:

- $K_r = 0,104$
- $K_c = 0,0184$

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

$$R_{\text{serv}} = K_r \cdot R_o = 0,104 \cdot 350 = 36,4 < 37 \text{ Ohm}$$

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

2.5.9.9 Corrección y ajuste del diseño inicial.

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se

considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

No obstante, se puede ejecutar cualquier configuración con características de protección mejores que las calculadas, es decir, atendiendo a las tablas adjuntas al Método de Cálculo de Tierras de UNESA, con valores de " K_r " inferiores a los calculados, sin necesidad de repetir los cálculos, independientemente de que se cambie la profundidad de enterramiento, geometría de la red de tierra de protección, dimensiones, número de picas o longitud de éstas, ya que los valores de tensión serán inferiores a los calculados en este caso.

2.6. Calculo Transformador de reparto PFU-4.

2.6.1 Intensidad de Media Tensión.

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

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

Donde:

P potencia del transformador [kVA]

U_p tensión primaria [kV]

I_p intensidad primaria [A]

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

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 400 kVA.

· I_p = 11,5 A

2.6.2 Intensidad de Baja Tensión.

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 400 kVA, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío.

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

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

Donde:

P potencia del transformador [kVA]

U_s tensión en el secundario [kV]

I_s intensidad en el secundario [A]

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

· I_s = 549,9 A.

2.6.3 Cortocircuitos.

2.6.3.1 Observaciones.

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito. se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de MT, valor especificado por la compañía eléctrica.

2.6.3.2 Calculo de las intensidades de cortocircuito.

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

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

donde:

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

U_p tensión de servicio [kV]

I_{ccp} corriente de cortocircuito [kA]

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales. La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

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

donde:

P potencia de transformador [kVA]

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

U_s tensión en el secundario [V]

I_{ccs} corriente de cortocircuito [kA]

2.6.3.3 Cortocircuito en el lado de Media Tensión.

Utilizando la expresión anterior en el que la potencia de cortocircuito es de 350 MVA y la tensión de servicio 20 kV, la intensidad de cortocircuito es: $I_{ccp} = 10,1$ kA

2.6.3.4 Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Para el único transformador de este Centro de Transformación, la potencia es de 400 kVA, la tensión porcentual del cortocircuito del 4%, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío

La intensidad de cortocircuito en el lado de BT con 420 V en vacío será:

· $I_{ccs} = 13,7$ kA

2.6.4 Dimensionado del embarrado.

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

2.6.4.1 Comprobación por densidad de corriente.

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material conductor. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 400 A.

2.6.4.2 Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito calculada anteriormente. Por lo que:

- $I_{cc}(din) = 25,3 \text{ kA}$

2.6.4.3 Comprobación por sollicitación térmica.

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

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

2.6.5 Protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

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

Transformador

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

Estos fusibles realizan su función de protección de forma ultrarrápida (de tiempos inferiores a los de los interruptores automáticos), ya que su fusión evita incluso el paso

del máximo de las corrientes de cortocircuitos por toda la instalación.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el funcionamiento continuado a la intensidad nominal, requerida para esta aplicación.

- No producir disparos durante el arranque en vacío de los transformadores,

tiempo en el que la intensidad es muy superior a la nominal y de una duración intermedia.

- No producir disparos cuando se producen corrientes de entre 10 y 20 veces la nominal, siempre que su duración sea inferior a 0,1 s, evitando así que los fenómenos transitorios provoquen interrupciones del suministro.

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

La intensidad nominal de estos fusibles es de 25 A.

La celda de protección de este transformador no incorpora relé, al considerarse suficiente el empleo de las otras protecciones.

Termómetro

El termómetro verifica que la temperatura del dieléctrico del transformador no supera

los valores máximos admisibles.

- Protecciones en BT

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

como mínimo igual a la corriente de cortocircuito correspondiente.

2.6.6 Dimensionado de los puentes de MT

Los cables que se utilizan en esta instalación, descritos en la memoria, deberán ser

capaces de soportar los parámetros de la red.

Transformador 1

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

Este valor es de 150 A para un cable de sección de 50 mm² de Al según el fabricante.

2.6.7 Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación.

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

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

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

2.6.8 Dimensionado del pozo apagafuegos.

Se dispone de un foso de recogida de aceite de 600 l de capacidad por cada transformador cubierto de grava para la absorción del fluido y para prevenir el vertido

del mismo hacia el exterior y minimizar el daño en caso de fuego.

2.6.9 Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra.

2.6.9.1 Investigación de las características del suelo

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

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina la resistividad media en 350 Ohm·m.

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

En las instalaciones de MT de tercera categoría, los parámetros que determinan los

cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

De la red:

- Tipo de neutro. El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.

- Tipo de protecciones. Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente).

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

No obstante, y dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando la intensidad

máxima empírica y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben

ser indicados por la compañía eléctrica.

Intensidad máxima de defecto:

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

Donde:

U_n Tensión de servicio [kV]

R_n Resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

X_n Reactancia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

Id max cal. Intensidad máxima calculada [A]

La Id max en este caso será:

Id max cal. =461,88 A

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

Id max =400 A

2.6.9.3 Diseño preliminar de la instalación de tierra

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en las configuraciones tipo presentadas en el Anexo 2 del método de cálculo de instalaciones

de puesta a tierra de UNESA, que esté de acuerdo con la forma y dimensiones del Centro de Transformación, según el método de cálculo desarrollado por este organismo.

2.6.9.4 Cálculo de la resistencia del sistema de tierra

Características de la red de alimentación:

· Tensión de servicio: Ur = 20 kV

Puesta a tierra del neutro:

· Resistencia del neutro Rn = 0 Ohm

· Reactancia del neutro Xn = 25 Ohm

· Limitación de la intensidad a tierra Idm = 400 A

Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT:

· Vbt = 10000 V

Características del terreno:

· Resistencia de tierra Ro = 350 Ohm·m

· Resistencia del hormigón R'o = 3000 Ohm

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

del defecto salen de:

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

Donde:

Id intensidad de falta a tierra [A]

Rt resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

Vbt tensión de aislamiento en baja tensión [V]

La intensidad del defecto se calcula de la siguiente forma:

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

Donde:

Un tensión de servicio [V]

Rn resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

Rt resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

Xn reactiva de puesta a tierra del neutro [Ohm]

Id intensidad de falta a tierra [A]

Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

· Id = 230,94 A

La resistencia total de puesta a tierra preliminar:

· Rt = 43,3 Ohm

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

Valor unitario de resistencia de puesta a tierra del electrodo:

$$K_r \leq \frac{R_t}{R_0}$$

Donde:

Rt resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

Ro resistividad del terreno en [Ohm·m]

Kr coeficiente del electrodo

- Centro de Transformación

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

· Kr ≤ 0,1237

La configuración adecuada para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 50-25/5/42
- Geometría del sistema: Anillo rectangular
- Distancia de la red: 5.0x2.5 m
- Profundidad del electrodo horizontal: 0,5 m
- Número de picas: cuatro
- Longitud de las picas: 2 metros

Parámetros característicos del electrodo:

- De la resistencia Kr = 0,097
- De la tensión de paso Kp = 0,0221
- De la tensión de contacto Kc = 0,0483

Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto.

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

- Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del Edificio/s no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.
- En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra del mismo.
- En el caso de instalar las picas en hilera, se dispondrán alineadas con el frente del edificio.

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

$$R'_t = K_r \cdot R_0$$

Donde:

K_r coeficiente del electrodo

R_0 resistividad del terreno en [Ohm·m]

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

Por lo que para el Centro de Transformación:

- $R'_t = 33,95$ Ohm

y la intensidad de defecto real:

- $I'_d = 273,87$ A

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

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de paso y contacto en el interior en los edificios de maniobra interior, ya que éstas son prácticamente nulas.

La tensión de defecto vendrá dada por:

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

Donde:

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

I'_d intensidad de defecto [A]

V'_d tensión de defecto [V]

Por lo que en el Centro de Transformación:

- $V'_d = 9298,05$ V

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

$$V'_c = K_c \cdot R_0 \cdot I'_d$$

Donde:

K_c coeficiente

R_0 resistividad del terreno en [Ohm·m]

I'_d intensidad de defecto [A]

V'_c tensión de paso en el acceso [V]

Por lo que tendremos en el Centro de Transformación:

- $V'_c = 4629,85 \text{ V}$

2.6.9.6 Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación

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

Tensión de paso en el exterior:

$$V'_p = K_p \cdot R_0 \cdot I'_d$$

Donde:

K_p coeficiente

R_0 resistividad del terreno en [Ohm·m]

I'_d intensidad de defecto [A]

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

Por lo que, para este caso:

- $V'_p = 2118,42 \text{ V}$ en el Centro de Transformación

2.6.9.7 Cálculo de las tensiones aplicadas

- Centro de Transformación

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

- $t = 0,7 \text{ seg}$

- $K = 72$

- $n = 1$

Tensión de paso en el exterior:

$$V_p = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot R_0}{1000}\right)$$

Donde:

K coeficiente

t tiempo total de duración de la falta [s]

n coeficiente

Ro resistividad del terreno en [Ohm·m]

Vp tensión admisible de paso en el exterior [V]

Por lo que, para este caso:

$$\cdot V_p = 3188,57 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso al edificio:

$$V_{p(acc)} = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot R_0 + 3 \cdot R'_0}{1000}\right)$$

Donde:

K coeficiente

t tiempo total de duración de la falta [s]

n coeficiente

Ro resistividad del terreno en [Ohm·m]

R'o resistividad del hormigón en [Ohm·m]

Vp(acc) tensión admisible de paso en el acceso [V]

Por lo que, para este caso

$$\cdot V_{p(acc)} = 11365,71 \text{ V}$$

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

Tensión de paso en el exterior del centro:

$$\cdot V'_p = 2118,42 \text{ V} < V_p = 3188,57 \text{ V}$$

Tensión de paso en el acceso al centro:

$$\cdot V'_{p(acc)} = 4629,85 \text{ V} < V_{p(acc)} = 11365,71 \text{ V}$$

Tensión de defecto:

$$\cdot V'_d = 9298,05 \text{ V} < V_{bt} = 10000 \text{ V}$$

Intensidad de defecto:

$$\cdot I_a = 50 \text{ A} < I_d = 273,87 \text{ A} < I_{dm} = 400 \text{ A}$$

2.6.9.8 Investigación de las tensiones transferibles al exterior

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando así que afecten a los usuarios, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas,

siempre que la tensión de defecto supere los 1000V.

En este caso es imprescindible mantener esta separación, al ser la tensión de defecto

superior a los 1000 V indicados.

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

$$D = \frac{R_0 \cdot I'_d}{2000 \cdot \pi}$$

Donde:

R_0 resistividad del terreno en [Ohm·m]

I'_d intensidad de defecto [A]

D distancia mínima de separación [m]

Para este Centro de Transformación:

- D = 15,26 m

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

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

- Identificación: 5/42 (según método UNESA)
- Geometría: Picas alineadas
- Número de picas: cuatro
- Longitud entre picas: 2 metros
- Profundidad de las picas: 0,5 m

Los parámetros según esta configuración de tierras son:

- $K_r = 0,104$
- $K_c = 0,0184$

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

$$R_{tserv} = K_r \cdot R_0 = 0,104 \cdot 350 = 36,4 < 37 \text{ Ohm}$$

Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV,

protegido con tubo de PVC de grado de protección 7 como mínimo, contra daños

mecánicos.

2.6.9.9 Corrección y ajuste del diseño inicial.

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se

considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

No obstante, se puede ejecutar cualquier configuración con características de protección mejores que las calculadas, es decir, atendiendo a las tablas adjuntas al Método de Cálculo de Tierras de UNESA, con valores de "Kr" inferiores a los calculados, sin necesidad de repetir los cálculos, independientemente de que se cambie la profundidad de enterramiento, geometría de la red de tierra de protección,

dimensiones, número de picas o longitud de éstas, ya que los valores de tensión serán

inferiores a los calculados en este caso.

Pliego de condiciones

1.- Condiciones generales

1.1.- Alcance:

El presente Pliego de Condiciones tiene por objeto definir al Contratista el alcance del trabajo y la ejecución cualitativa del mismo.

El trabajo eléctrico consistirá en la instalación eléctrica de la red de Media y Baja Tensión, además de la instalación de los Centros de Transformación.

El alcance del trabajo del contratista incluye el diseño y preparación de todos los planos, diagramas, especificaciones, lista de material y requisitos para la adquisición de la instalación del trabajo.

1.2.- Reglamentos y normas:

Todas las unidades de obra se ejecutarán cumpliendo las prescripciones indicadas en los Reglamentos de Seguridad y Normas Técnicas de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones, tanto de ámbito nacional, autonómico como municipal.

Se adaptarán además a las condiciones particulares impuestas por la empresa distribuidora de energía eléctrica.

1.3.- Reglamentos y normas:

El Contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del trabajo correspondiente, la contratación del seguro obligatorio, subsidio familiar y de vejez, seguro de enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la norma UNE 24042 "Contratación de Obras. Condiciones Generales", siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

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

1.4.- Ejecución de las obras:

1.4.1.- Comienzo:

El Contratista dará comienzo la obra en el plazo que figure en el contrato establecido con la Propiedad, o en su defecto a los quince días de la adjudicación definitiva o de su firma.

El Contratista está obligado a notificar por escrito o personalmente en forma directa al Técnico Director la fecha de comienzo de los trabajos.

1.4.2.- Ejecución:

La obra se ejecutará en el plazo que se estipule en el contrato suscrito con la Propiedad o en su defecto en el que figure en las condiciones de este pliego.

Cuando el Contratista, de acuerdo, con alguno de los extremos contenidos en el presente Pliego de Condiciones, o bien en el contrato establecido con la Propiedad, solicite una inspección para poder realizar algún trabajo anterior que esté condicionado por la misma, vendrá obligado a tener preparada para dicha inspección, una cantidad de obra que corresponda a un ritmo normal de trabajo.

Cuando el ritmo de trabajo establecido por el Contratista, no sea el normal, o bien a petición de una de las partes, se podrá convenir una programación de inspecciones obligatorias de acuerdo con el plan de obra.

1.4.3.- Libro de órdenes:

El Contratista dispondrá en la obra de un Libro de Órdenes en el que se escribirán las que el Técnico Director estime darle a través del encargado o persona responsable, sin perjuicio de las que le dé por oficio cuando lo crea necesario y que tendrá la obligación de firmar el enterado.

1.5.- Interpretación y desarrollo del proyecto:

La interpretación técnica de los documentos del Proyecto, corresponde al Técnico Director. El Contratista está obligado a someter a éste cualquier duda, aclaración o contradicción que surja durante la ejecución de la obra por causa del Proyecto, o circunstancias ajenas, siempre con la suficiente antelación en función de la importancia del asunto.

El Contratista se hace responsable de cualquier error de la ejecución motivado por la omisión de esta obligación y consecuentemente deberá rehacer a su costa los trabajos que correspondan a la correcta interpretación del Proyecto.

El Contratista está obligado a realizar todo cuanto sea necesario para la buena ejecución de la obra, aun cuando no se halle explícitamente expresado en el pliego de condiciones o en los documentos del proyecto.

El Contratista notificará por escrito o personalmente en forma directa al Técnico Director y con suficiente antelación las fechas en que quedarán preparadas para inspección, cada una de las partes de obra para las que se ha indicado la necesidad o conveniencia de la misma o para aquellas que, total o parcialmente deban posteriormente quedar ocultas. De las unidades de obra que deben quedar ocultas, se tomarán antes de ello, los datos precisos para su medición, a los efectos de liquidación y que sean suscritos por el Técnico Director de hallarlos correctos.

De no cumplirse este requisito, la liquidación se realizará en base a los datos o criterios de medición aportados por éste.

1.6.- Obras complementarias:

El Contratista tiene la obligación de realizar todas las obras complementarias que sean indispensables para ejecutar cualquiera de las unidades de obra especificadas en cualquiera de los documentos del Proyecto, aunque en él, no figuren explícitamente mencionadas dichas obras complementarias. Todo ello sin variación del importe contratado.

1.7.- Modificaciones:

El Contratista está obligado a realizar las obras que se le encarguen resultantes de modificaciones del Proyecto, tanto en aumento como disminución o simplemente variación, siempre y cuando el importe de las mismas no altere en más o menos de un 25% del valor contratado.

La valoración de las mismas se hará de acuerdo a los valores establecidos en el presupuesto entregado por el Contratista y que ha sido tomado como base del contrato.

El Técnico Director de obra está facultado para introducir las modificaciones de acuerdo con su criterio, en cualquier unidad de obra, durante la construcción, siempre que cumplan las condiciones técnicas referidas en el proyecto y de modo que ello no varíe el importe total de la obra.

1.8.- Obra defectuosa:

Cuando el Contratista halle cualquier unidad de obra que no se ajuste a lo especificado en el proyecto o en este Pliego de Condiciones, el Técnico Director podrá aceptarlo o rechazarlo; en el primer caso, éste fijará el precio que crea justo con arreglo a las diferencias que hubiera, estando obligado el Contratista a aceptar dicha valoración, en el otro caso, se reconstruirá a expensas del Contratista la parte mal ejecutada sin que ello sea motivo de reclamación económica o de ampliación del plazo de ejecución.

1.9.- Medios auxiliares:

Serán de cuenta del Contratista todos los medios y máquinas auxiliares que sean precisos para la ejecución de la obra. En el uso de los mismos estará obligado a hacer cumplir todos los Reglamentos de Seguridad en el trabajo vigentes y a utilizar los medios de protección de sus operarios.

1.10.- Conservación de obras:

Es obligación del Contratista la conservación en perfecto estado de las unidades de obra realizadas hasta la fecha de la recepción definitiva por la Propiedad, y corren a su cargo los gastos derivados de ello.

1.11.- Recepción de las obras:

1.11.1.- Recepción provisional:

Una vez terminadas las obras, tendrá lugar la recepción provisional y para ello se practicará en ellas un detenido reconocimiento por el Técnico Director y la Propiedad en presencia del Contratista, levantando acta y empezando a correr desde ese día el plazo de garantía si se hallan en estado de ser admitida.

De no ser admitida se hará constar en el acta y se darán instrucciones al Contratista para subsanar los defectos observados, fijándose un plazo para ello, expirando el cual se procederá a un nuevo reconocimiento a fin de proceder la recepción provisional.

1.11.2.- Plazo de garantía:

El plazo de garantía será como mínimo de un año, contado desde la fecha de la recepción provisional, o bien en el que se establezca en el contrato también contado desde la misma fecha.

Durante este período queda a cargo del Contratista la conservación de las obras y arreglo de los desperfectos causados por asiento de las mismas o por mala construcción.

1.11.3.- Recepción definitiva:

Se realizará después de transcurrido el plazo de garantía de igual forma que la provisional.

A partir de esta fecha cesará la obligación del Contratista de conservar y reparar a su cargo las obras, si bien subsistirán las responsabilidades que pudiera tener por defectos ocultos y deficiencias de causa dudosa.

1.12.- Recepción de las obras:

1.12.1.- Modo de contratación:

El conjunto de las instalaciones las realizará la empresa escogida por concurso o subasta.

1.12.2.- Presentación:

Las empresas seleccionadas para dicho concurso deberán presentar sus proyectos en sobre lacrado, antes del 4 de Junio del 2012 en el domicilio del propietario.

1.12.3.- Selección:

La empresa escogida será anunciada la semana siguiente a la conclusión del plazo de entrega. Dicha empresa será escogida de mutuo acuerdo con el propietario y el director de la obra, sin posible reclamación por parte de las otras empresas concursantes.

1.13.- Fianza:

En el contrato se establecerá la fianza que el Contratista deberá depositar en garantía del cumplimiento del mismo, o se convendrá una retención sobre los pagos realizados a cuenta de obra ejecutada.

De no estipularse la fianza en el contrato se entiende que se adopta como garantía una retención del 5% sobre los pagos a cuenta citados.

En el caso de que el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, o a atender la garantía, la Propiedad podrá ordenar ejecutarlas a un tercero, abonando su importe con cargo a la retención o fianza, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho la Propiedad si el importe de la fianza no bastase.

La fianza retenida se abonará al Contratista en un plazo no superior a treinta días una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra.

1.14.- Condiciones económicas:

1.14.2.- Precios:

El Contratista presentará, al formalizarse el contrato, relación de los precios de las unidades de obra que integran el proyecto, los cuales de ser aceptados tendrán valor contractual y se aplicarán a las posibles variaciones que pueda haber.

Estos precios unitarios, se entiende que comprenden la ejecución total de la unidad de obra, incluyendo todos los trabajos aún los complementarios y los materiales así como la parte proporcional de imposición fiscal, las cargas laborales y otros gastos repercutibles.

En caso de tener que realizarse unidades de obra no previstas en el proyecto, se fijará su precio entre el Técnico Director y el Contratista antes de iniciar la obra y se presentará a la propiedad para su aceptación o no.

1.14.3.- Revisión de precios:

En el contrato se establecerá si el contratista tiene derecho a revisión de precios y la fórmula a aplicar para calcularla. En defecto de esta última, se aplicará a juicio del Técnico Director alguno de los criterios oficiales aceptados.

1.14.4.-Penalizaciones:

Por retraso en los plazos de entrega de las obras, se podrán establecer tablas de penalización cuyas cuantías y demoras se fijarán en el contrato.

1.14.5.-Contrato:

El contrato se formalizará mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes. Comprenderá la adquisición de todos los materiales, transporte, mano de obra, medios auxiliares para la ejecución de la obra proyectada en el plazo estipulado, así como la

reconstrucción de las unidades defectuosas, la realización de las obras complementarias y las derivadas de las modificaciones que se introduzcan durante la ejecución, éstas últimas en los términos previstos.

La totalidad de los documentos que componen el Proyecto Técnico de la obra serán incorporados al contrato y tanto el Contratista como la Propiedad deberán firmarlos en testimonio de que los conocen y aceptan.

1.14.6.-Responsabilidades:

El Contratista es el responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el Proyecto y el contrato. Como consecuencia de ello vendrá obligada la demolición de lo mal ejecutado y a su reconstrucción correctamente sin que sirva de excusa el que el Técnico Director haya examinado y reconocido las obras.

El Contratista es el único responsable de todas las contravenciones que él o su personal cometan durante la ejecución de las obras u operaciones relacionadas con las mismas.

También es responsable de los accidentes o daños que por errores, inexperiencia o empleo de métodos inadecuados se produzcan a la propiedad, a los vecinos o terceros en general.

El Contratista es el único responsable del incumplimiento de las disposiciones vigentes en la materia laboral respecto de su personal y por tanto los accidentes que puedan sobrevenir y de los derechos que puedan derivarse de ellos.

1.14.7.-Rescisión del contrato:

Se consideran causas suficientes para la rescisión del contrato las siguientes:

- Primera: muerte o incapacidad del Contratista.
- Segunda: la quiebra del Contratista.
- Tercera: modificación del proyecto cuando produzca alteración en más o menos 25% del valor contratado.
- Cuarta: modificación de las unidades de obra en número superior al 40% del original.
- Quinta: la no iniciación de las obras en el plazo estipulado cuando sea por causas ajenas a la Propiedad.
- Sexta: la suspensión de las obras ya iniciadas siempre que el plazo de suspensión sea mayor de seis meses.
- Séptima: incumplimiento de las condiciones del contrato cuando implique mala fe.

- Octava: terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a completar ésta.
- Novena: actuación de mala fe en la ejecución de los trabajos.
- Décima: destajar o subcontratar la totalidad o parte de la obra a terceros sin la autorización del Técnico Director y la Propiedad.

1.14.8.-Liquidación:

Siempre que se rescinda el contrato por causas anteriores o bien por acuerdo de ambas partes, se abonará al Contratista las unidades de obra ejecutadas y los materiales acopiados a pie de obra y que reúnan las condiciones y sean necesarios para la misma.

Cuando se rescinda el contrato llevará implícito la retención de la fianza para obtener los posibles gastos de conservación del período de garantía y los derivados del mantenimiento hasta la fecha de nueva adjudicación.

1.15.- Condiciones facultativas:

1.15.1.- Normas a seguir:

El diseño de la instalación eléctrica estará de acuerdo con las exigencias o recomendaciones expuestas en la última edición de los siguientes códigos:

- Reglamento electrotécnico de baja tensión e instrucciones complementarias.
 - Normas UNE.
 - Publicaciones del comité electrotécnico internacional (CEI).
 - Plan nacional y ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo.
 - Normas de la compañía suministradora (IBERDROLA).
- Lo indicado en este pliego de condiciones con preferencia a todos los códigos y normas.

1.15.2.- Personal:

El Contratista tendrá al frente de la obra un encargado con autoridad sobre los demás operarios y conocimientos acreditados y suficientes para la ejecución de la obra.

El encargado recibirá, cumplirá y transmitirá las instrucciones y órdenes del Técnico Director de la obra.

El Contratista tendrá en la obra, el número y clase de operarios que haga falta para el volumen y naturaleza de los trabajos que se realicen, los cuales será de reconocida aptitud y experimentados en el oficio. El Contratista estará obligada separar de la obra, a aquel personal que a juicio del Técnico Director no cumpla

con sus obligaciones, realice el trabajo defectuosamente, bien por falta de conocimientos o por obrar de mala fe.

2- Pliego de condiciones de la red de Baja Tensión

2.1.- Calidad de los materiales. Condiciones y ejecución:

Todos los materiales empleados serán de primera calidad. Cumplirán las especificaciones y tendrán las características indicadas en el proyecto y en las normas técnicas generales, y además en las de la compañía distribuidora de energía, para este tipo de materiales.

Toda especificación o característica de materiales que figuren en uno solo de los documentos del proyecto, aún sin figurar en los otros, es igualmente obligatoria.

En caso de existir contradicción u omisión en los documentos del proyecto, el Contratista tendrá la obligación de ponerlo de manifiesto al Técnico Director de la Obra, quien decidirá sobre el particular. En ningún caso podrá suplir la falta directamente, sin la autorización expresa.

Una vez adjudicada la obra y antes de iniciarse, el Contratista presentará al Técnico Director los catálogos, cartas muestra, certificados de garantía o de homologación de los materiales que vayan a emplearse. No podrán utilizarse materiales que no hayan sido aceptados por el Técnico Director.

2.1.1.- Conductores: Tendido, empalmes, terminales, cruces y protecciones.

Se utilizarán cables con aislamiento de dieléctrico seco, tipos XZ1(S), de las características siguientes:

Cable tipo XZ1(S):

- Conductor..... Aluminio
- Secciones..... 50 - 95 - 150 y 240 mm²
- Tensión asignada.....0,6/1 kV
- Aislamiento..... Mezcla de polietileno reticulado (XLPE)
- Cubierta.....Poliolefina Ignifugada

Todas las líneas serán siempre de cuatro conductores, tres para fase y uno para neutro.

Las conexiones de los conductores subterráneos se efectuarán siguiendo métodos o sistemas que garanticen una perfecta continuidad del conductor y de su aislamiento.

La utilización de las diferentes secciones será la siguiente:

- Las secciones de 150 mm² y 240 mm² se utilizarán en la red subterránea de distribución en BT y en los puentes de unión de los transformadores de potencia con sus correspondientes cuadros de distribución de BT.

- La sección de 95 mm², se utilizará como neutro de la sección de 150 mm² línea de derivación de la red general y acometidas.

- La sección de 50 mm², solo se utilizará como neutro de la sección de 95 mm² y acometidas individuales.

Los tipos normalizados y las características esenciales son los que figuran en la tabla que sigue a continuación:

Tipo constructivo	Tensión nominal (kV)	Sección mm ²	Nº mínimo alambres	Suministro Long 2% (m)	Tipo bobina UNE 21 167-1	Código
RV	0,6 / 1	1 · 50	6	1600	10	5631225
		1 · 95	15	950	10	5631235
		1 · 150	15	1100	12	5631245
		1 · 240	30	750	12	5631255

La constitución del cable será la siguiente:

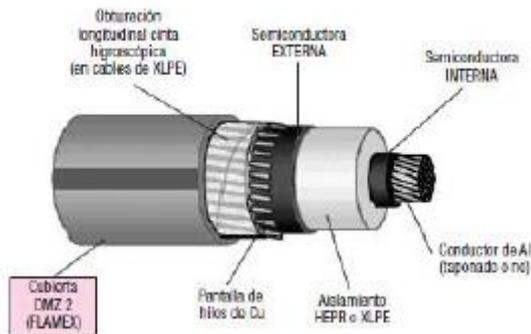
Los conductores llevarán inscritas sobre la cubierta de forma legible e indeleble las marcas siguientes:

- Nombre del fabricante.
- Designación completa.
- Año de fabricación (dos últimas cifras).
- Indicación de calidad concertada (cuando la tenga).

La separación entre marcas no será superior a 30 cm.

Tendido de los cables:

Para el tendido la bobina estará siempre elevada, sujeta por barras y gatos adecuados al peso de la misma



y dispositivos de frenado.

El desenrollado del conductor se realizará de forma que éste salga por la parte superior de la bobina.

El fondo de la zanja deberá estar cubierto en toda su longitud con una capa de 10 cm de arena de mina o de río lavada, limpia y suelta, antes de proceder al tendido de los cables.

Los cables deben de ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado, evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc..., y teniendo en cuenta siempre que el radio de curvatura en el tendido de los mismos, aunque sea accidentalmente, no debe ser inferior a 20 veces su diámetro.

Para la coordinación de movimientos de tendido se dispondrá de personal y los medios de comunicación adecuados.

Cuando los cables se tiendan a mano, los operarios estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja.

También se puede tender mediante cabrestantes, tirando del extremo del cable al que se le habrá adaptado una cabeza apropiada y con un esfuerzo de tracción por milímetro cuadrado de conductor que no debe exceder de 3 kg/mm². Será imprescindible la colocación de dinamómetros para medir dicha tracción.

El tendido se hará obligatoriamente por rodillos que puedan girar libremente y contruidos de forma que no dañen el cable, dispuestos sobre el fondo de la zanja, para evitar el rozamiento del cable con el terreno.

Durante el tendido, se tomarán precauciones para evitar que el cable sufra esfuerzos importantes, golpes o rozaduras.

En las curvas, se tomarán las medidas oportunas para evitar rozamientos laterales de cable. No se permitirá desplazar lateralmente el cable por medio de palancas u otros útiles, deberá hacerse siempre a mano. Solo de manera excepcional se autorizará desenrollar el cable fuera de la zanja y siempre sobre rodillos.

No se dejarán nunca los cables tendidos en una zanja abierta sin haber tomado antes la precaución de cubrirlos con la capa de arena fina y la protección de la placa.

En todo momento, las puntas de los cables deberán estar selladas mediante capuchones termorretráctiles o cintas autovulcanizadas para impedir los efectos de la humedad, no dejándose los extremos de los cables en la zanja sin haber asegurado antes la buena estanqueidad de los mismos.

Cuando dos cables que se canalicen vayan a ser empalmados, se solaparán al menos en una longitud de 50 cm.

Las zanjas se recorrerán con detenimiento antes de tender el cable para comprobar que se encuentran sin piedras u otros elementos duros que puedan dañar a los cables en su tendido.

Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios, se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas, al terminar los trabajos, en las mismas condiciones en que se encontraban primitivamente. Si involuntariamente se causara alguna avería a dichos servicios, se avisará con toda urgencia a la Empresa correspondiente con el fin de que procedan a su reparación.

Cada metro y medio, envolviendo las tres fases y el neutro, se colocará una sujeción que agrupe dichos conductores y los mantenga unidos, evitando la dispersión de los mismos por efecto de las corrientes de cortocircuito o dilataciones.

Antes de pasar el cable por una canalización entubada, se limpiará la misma para evitar que queden salientes que puedan dañarlos.

En las entradas de los tubulares se evitará que el cable roce el borde de los mismos.

Para los cruces de calles y carreteras:

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores conforme con lo establecido en la ITC-BT-21, recubiertos de hormigón en toda su longitud a una profundidad mínima de 0,80 m. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

Protección mecánica y de sobreintensidad:

Protección mecánica:

Las líneas eléctricas subterráneas deben estar protegidas contra posibles averías producidas por hundimiento de tierras, por contacto con cuerpos duros y por choque de herramientas metálicas en eventuales trabajos de excavación.

Para señalar la existencia de las mismas y protegerlas, a la vez, se colocará encima de la capa de arena, una placa de protección y/o tubo.

La anchura se incrementará hasta cubrir todas las cuaternas en caso de haber más de una.

Protección de sobreintensidad:

Con carácter general, los conductores estarán protegidos por los fusibles existentes contra sobrecargas y cortocircuitos.

Para la adecuada protección de los cables contra sobrecargas, mediante fusibles de la clase gG se indica en el siguiente cuadro la intensidad nominal del mismo:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Cuando se prevea la protección de conductor por fusibles contra cortocircuitos, deberá tenerse en cuenta la longitud de la línea que realmente protege y que se indica en el siguiente cuadro en metros.

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros ⁽¹⁾						

(1) Calculadas con una impedancia a 90°C del conductor de fase y neutro.

NOTA: Estas longitudes se consideran partiendo del cuadro de BT del centro de transformación.

Señalización:

Todo conjunto de cables debe estar señalado por una cinta de atención, de acuerdo con la RU 0205, colocada a 40 cm aproximadamente, por encima de la placa de protección. Cuando en la misma zanja existan líneas de tensión diferente (Baja y Media Tensión), en diferentes planos verticales, debe colocarse dicha cinta encima de la conducción superior.

Empalmes y terminales:

Para la confección de empalmes y terminales se seguirán los procedimientos establecidos por el fabricante y homologados por las empresas.

El técnico supervisor conocerá y dispondrá de la documentación necesaria para evaluar la confección del empalme o terminación.

En concreto se revisarán las dimensiones del pelado de cubierta, utilización de manguitos o terminales adecuados y su engaste con el utillaje necesario, limpieza y reconstrucción del aislamiento. Los empalmes se identificarán con el nombre del operario y sólo se utilizarán los materiales homologados. La reconstrucción del aislamiento deberá efectuarse con las manos bien limpias, depositando los materiales que componen el empalme sobre una lona limpia y seca. El montaje deberá efectuarse ininterrumpidamente. Los empalmes unipolares se efectuarán escalonados, por lo tanto deberán cortarse los cables con distancias a partir de sus extremos de 50 mm, aproximadamente.

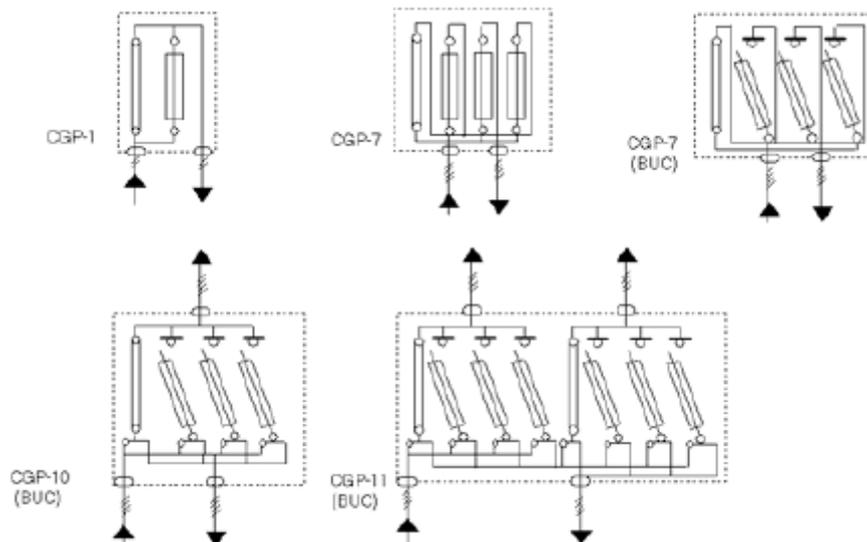
En el supuesto que el empalme requiera una protección mecánica, se efectuará el procedimiento de confección adecuado, utilizando además la caja de poliéster indicada para cada caso.

Más instrucciones y catálogo del conductor en el **Anexo 1 “Cable subterráneo de Baja Tensión”**.

Cajas Generales de Protección (CGP):

Son cajas destinadas a alojar los elementos de protección de las líneas repartidoras y señalización del principio de la propiedad de las instalaciones de los usuarios.

Las cajas generales de protección se colocarán empotradas en las fachadas de los edificios. Se utilizarán las correspondientes al siguiente esquema eléctrico.



En la siguiente tabla se indican las CGP normalizadas, número y tamaño de los cortacircuitos fusibles que usa Iberdrola en sus instalaciones.

Designación	Cortacircuitos fusibles			Utilización	Códigos
	Bases		Fusibles		
	Número	Tamaño	I máx.		
CGP-1-100	1	22x58	80*	Ext.	7650003
CGP-7-100	3	22x58	80*	Ext.	7650007
CGP-7-160	3	0	160	Ext.	7650008
CGP-7-250/BUC**	3	1 (BUC)	250	Ext.ó Int.	7650010
CGP-7-400/BUC**	3	2 (BUC)	400	Ext.ó Int.	7650
CGP-10-250/BUC**	3	1 (BUC)	250	Int.	7650018
CGP-11-250/250/BUC**	03-mar	1 (BUC)	250	Int.	7650019

Las características técnicas de las CGP son:

- Envoltente de doble aislamiento, tipo UNINTER módulo 7060, cuba fabricada en poliéster reforzado con fibra de vidrio y tapa de policarbonato transparente.
- Tres bases de 250 A, con dispositivo extintor de arco y detector de fusión.
- Neutro amovible con pletina de conexión para terminales.
- Las conexiones eléctricas se efectúan con tornillería de acero inoxidable.
- Tornillos de acero inoxidable embutidos en las pletinas de entrada y salida de abonado, para el conexionado de terminales bimetalicos hasta 240 mm².
- Complemento: puerta metálica referencia 931.132-IB.
- Esquema 10/BUC.
Ni 76.50.04 Cajas de Seccionamiento con bases fusibles, tipo cuchillas, con dispositivo extintor de arco, para redes subterráneas de Baja Tensión.

Designación	Intensidad		Tensión	Fusibles			Código
	Asignada	De paso		Base		Cartucho	
				Número	Tamaño		
CS 250/400 E	250			3	1	250	765014 0
CS 400/400 E	400			3	2	400	765014 1
CS 250/400 EM	250	400	440	3	1	250	765014 2
CS 400/400 EM	400			3	2	400	765014 3
CS 250/400 S	250			3	1	250	765014 4
CS 400/400 S	400			3	2	400	765014 5
Tejadillo para caja CS							765014 6

Cajas Generales de Protección y medida (CGPM):

Las cajas generales de protección y medida son aquellas que en un solo elemento incluyen la caja general de protección y el elemento de medida. Son cajas destinadas a alojar los elementos de protección de las líneas repartidoras y señalización del principio de la propiedad de las instalaciones de los usuarios.

En la siguiente tabla se muestran todos los tipos de CPM que utiliza Iberdrola en sus instalaciones.

Las características técnicas de las CPM son:

- Envoltente de poliéster reforzado con fibra de vidrio, color gris RAL 7035, resistente al calor anormal o fuego, según UNE EN 60 695-2-1/0.
 - Grado de protección IP43 en envoltentes empotrables e IP55 en envoltentes de intemperie, según UNE 20 324.
- Grado de protección contra impactos mecánicos externos, IK09 en envoltentes empotrables e IK10 en envoltentes de intemperie, según UNE EN 50 102.
- Clase térmica A, según UNE 21 305.
- Gran resistencia a la corrosión y a los rayos ultravioletas.
- Autoventilación por convección natural sin reducir el grado de protección indicado.

- Ventanillas para lectura de los aparatos de medida opcionales, en policarbonato transparente estabilizado contra la acción de los rayos ultravioleta (U.V.).
- Puerta con bisagras, de apertura superior a 100°.
- Placa precintable, aislante y transparente de policarbonato.
- Panel de poliéster troquelado para fijación de equipos de medida.
- Tornillería de fijación de latón, imperdible y desplazable por el ranurado del panel.

Armarios de distribución:

Su utilización será para ir en conjunto con las cajas generales de protección y medida, ya que estas no admiten la sección del cable proyectado en los anillos.

Serán las de tipo Maxinter CS-250/400-E.

Las características técnicas son:

- Envoltente de poliéster reforzado con fibra de vidrio, tipo MAXINTER.
- Grado de protección IP 43 UNE 20 234 e IK09 UNE EN 50 102.
- Tres bases unipolares cerradas BUC tamaño 1 o tamaño 2, con dispositivo extintor de arco y tornillería de conexión M10 de acero inoxidable.
- Neutro amovible con tornillería de conexión M10 de acero inoxidable.

2.1.2.- Accesorios.

Los empalmes, terminales y derivaciones, se elegirán de acuerdo a la naturaleza, composición y sección de los cables, y no deberán aumentar la resistencia eléctrica de éstos.

Los terminales deberán ser, asimismo, adecuados a las características ambientales (interior, exterior, contaminación, etc.). Los empalmes y terminales se realizarán siguiendo las instrucciones de montaje dadas por el fabricante.

2.1.3.- Medidas eléctricas.

Una vez terminadas las obras, se realizarán las medidas eléctricas correspondientes de: puesta a tierra del neutro de la instalación para comprobar su buen funcionamiento y corregirlo en caso contrario; también se comprobará la continuidad de los conductores para localizar posibles fallos que se hayan producido en su tendido; y por último se medirán las tensiones entre fases, y entre fases y neutro al inicio y al final de la instalación para comprobar que estas se encuentran dentro de los límites impuestos.

2.1.4.- Obra civil.

La obra civil llevada a cabo en esta parte del proyecto consiste en la apertura de las zanjas (en acera y cruce de calles) por donde discurrirán las distintas líneas, los tipos de zanjas se describen en el siguiente apartado en el cual veremos distintas disposiciones según el número de conductores a introducir en ellas.

2.1.5.- Zanjas: Ejecución, tendido, cruzamientos, señalización y acabado.

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán en el pavimento las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud.

Si ha habido la posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas existentes, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas. Antes de proceder a la apertura de zanjas, se abrirán catas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.

Los cables de BT se alojarán directamente enterrados bajo la acera a una altura de 0,70 m, en zanjas de 0,80 m de profundidad mínima y una anchura que permitan las operaciones de apertura y tendido, con un valor mínimo de 0,60 m.

El lecho de la zanja debe ser liso y estar libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. En el mismo se colocará una capa de arena de mina o de río lavada, limpia y suelta, exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, y el tamaño del grano estará comprendido entre 0,2 y 3 mm, de un espesor mínimo de 0,10 m, sobre la que se depositarán los cables a instalar.

Por encima del cable se colocará otra capa de arena de idénticas características y con unos 0,10 m de espesor, y sobre ésta se instalará una protección mecánica a todo lo largo del trazado del cable, esta protección estará constituida por un tubo de plástico cuando existan 1 ó 2 líneas, y por un tubo y una placa cubrecables cuando el número de líneas sea mayor, las características de las placas cubrecables serán las establecidas en las NI 52.95.01.

Las dos capas de arena cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener 0,05 m entre los cables y las paredes laterales. A continuación se tenderá una capa de tierra procedente de la excavación y tierras de préstamo, arena, todo-uno o zahorras, de 0,25 m de espesor, apisonada por medios manuales. Se cuidará que esta capa de tierra esté exenta de piedras o cascotes.

Sobre esta capa de tierra, y a una distancia mínima del suelo de 0,10 m y 0,25 m de la parte superior del cable se colocará una cinta de señalización, como advertencia de la presencia de cables eléctricos, Las características, color, etc., de esta cinta serán las establecidas en la NI 29.00.01.

El tubo de 160 mm Ø que se instalará como protección mecánica, podrá utilizarse, cuando sea necesario, como conducto para cables de control, red multimedia e incluso para otra línea de BT. Este tubo se dará continuidad en todo

su recorrido, al objeto de facilitar el tendido de los cables de control, incluido en las arquetas y calas de tiro si las hubiera.

Y por último se terminará de rellenar la zanja con tierra procedente de la excavación y tierras de préstamo, arena, todo-uno o zahorras, debiendo de utilizar para su apisonado y compactación medios mecánicos. Después se colocará una capa de tierra vegetal o un firme de hormigón de H-200 de unos 0,12 m de espesor y por último se repondrá el pavimento a ser posible del mismo tipo y calidad del que existía antes de realizar la apertura.

Para los cruzamientos la zanja tendrá una anchura mínima de 0,35 m, para la colocación de dos tubos de 160 mm Ø, aumentando la anchura en función del número de tubos a instalar. Cuando se consideré necesario instalar tubo para los cables de control, se instalará un tubo más de red de 160 mm Ø, destinado a este fin. Este tubo se dará continuidad en todo su recorrido. Los tubos podrán ir colocados en uno, dos o tres planos.

La profundidad de la zanja dependerá del número de tubos, pero será la suficiente para que los situados en el plano superior queden a una profundidad aproximada de 0,80 m, tomada desde la rasante del terreno a la parte inferior del tubo.

En el fondo de la zanja y en toda la extensión se colocará una solera de limpieza de unos 0,05 m aproximadamente de espesor de hormigón H-200, sobre la que se depositarán los tubos dispuestos por planos. A continuación se colocará otra capa de hormigón H-200 con un espesor de 0,10 m por encima de los tubos y envolviéndolos completamente. Y por último, se hace el relleno de la zanja, dejando libre el espesor del firme y pavimento, para este relleno se utilizará hormigón H-200, en las canalizaciones que no lo exijan las Ordenanzas Municipales la zona de relleno será de todo-uno o zahorra.

Después se colocará un firme de hormigón de H-200 de unos 0,30 m de espesor y por último se repondrá el pavimento a ser posible del mismo tipo y calidad del que existía antes de realizar la apertura.

2.2.- Normas generales para la ejecución de las instalaciones:

El diseño de la instalación eléctrica estará de acuerdo con las exigencias o recomendaciones expuestas en la última edición de los siguientes códigos:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Complementarias.
- Normas UNE.
- Publicaciones del Comité Electrotécnico Internacional (CEI).
- Plan nacional y Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo.
- Normas de la Compañía Suministradora (Iberdrola).

Todos los materiales, aparatos, máquinas y conjuntos integrados en los circuitos de instalación proyectada cumplen las normas, especificaciones técnicas y homologaciones que le son establecidas como de obligado cumplimiento por el Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Por lo tanto la instalación se ajustará a los planos, materiales y calidades de dicho proyecto, salvo orden facultativa en contra.

Corresponderá al Contratista la responsabilidad de la ejecución de las instalaciones que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

El Contratista tendrá al frente de la obra un encargado con autoridad sobre los demás operarios y conocimientos acreditados y suficientes para la ejecución de la obra.

El encargado recibirá, cumplirá y transmitirá las instrucciones y órdenes del Técnico Director de la obra.

El Contratista tendrá en la obra, el número y clase de operarios que hagan falta para el volumen y naturaleza de los trabajos que se realicen, los cuáles serán de reconocida aptitud y experimentados en el oficio. El Contratista estará obligado a separar de la obra, a aquel personal que a juicio del Técnico Director no cumpla con sus obligaciones, realice el trabajo defectuosamente, bien por falta de conocimientos o por obrar de mala fe.

Las canalizaciones, salvo casos de fuerza mayor, se ejecutarán en terrenos de dominio público, bajo las aceras y evitando ángulos pronunciados.

El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales, cuidando de no afectar a las cimentaciones de los mismos.

Antes de comenzar los trabajos de apertura de zanjas, se marcarán en el terreno las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud y las zonas donde se dejen llaves para la contención del terreno.

Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas existentes, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas. Antes de proceder a la apertura de zanjas, se abrirán catas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.

Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de las zanjas como de los pasos que sean necesarios para los accesos a los portales, garajes, etc..., así como las chapas de hierro que hayan de colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos.

Al marcar el trazado de las zanjas, se tendrá en cuenta el radio mínimo de curvatura de las mismas, que no podrá ser inferior a 10 veces el diámetro de los cables que se vayan a canalizar en la posición definitiva y 20 veces en el tendido.

Las zanjas se harán verticales hasta la profundidad determinada, colocándose entubaciones en los casos en que la naturaleza del terreno lo haga preciso.

La zona de trabajo estará adecuadamente vallada, y dispondrá de las señalizaciones necesarias y de iluminación nocturna en ámbar rojo.

El vallado debe abarcar todo elemento que altere la superficie vial (caseta, maquinaria, materiales apilados, etc), será continuo en todo su perímetro y con vallas consistentes y perfectamente alineadas, delimitando los espacios destinados a viandantes, tráfico rodado y canalización. La obra estará identificada mediante letreros normalizados por los ayuntamientos.

Se instalará la señalización vertical necesaria para garantizar la seguridad de los viandantes, automovilistas y personal de la obra. Las señales de tránsito a disponer serán, como mínimo, las exigidas por el código de circulación y las ordenanzas vigentes.

2.3.- Revisiones y pruebas reglamentarias al finalizar la obra:

Antes de la puesta en servicio del sistema eléctrico, el Contratista habrá de hacer los ensayos adecuados para probar, a la entera satisfacción del Técnico Director de obra, que todos los equipos, aparatos y cableado han sido instalados correctamente de acuerdo con las normas establecidas y están en condiciones satisfactorias de trabajo.

Todos los ensayos serán presenciados por el Ingeniero que representa al Técnico Director de obra.

Los resultados de los ensayos serán pasados en certificados indicando fecha y nombre de la persona a cargo del ensayo, así como categoría profesional. Los cables, antes de ponerse en funcionamiento, se someterán a un ensayo de resistencia de aislamiento entre las fases, y entre fases y tierra. En los cables enterrados, estos ensayos de resistencia de aislamiento se harán antes y después de efectuar el relleno y compactado.

Antes de poner el aparellaje bajo tensión, se medirá la resistencia de aislamiento de cada embarrado entre fases y entre fases y tierra. Las medidas deben repetirse con los interruptores en posición de funcionamiento y contactos abiertos.

Todo relé de protección que sea ajustable será calibrado y ensayado, usando contador de ciclos, caja de carga, amperímetro y voltímetro, según se necesite. Se dispondrá en lo posible, de un sistema de protección selectiva. De acuerdo con esto, los relés de protección se elegirán y coordinarán para conseguir un sistema que permita actuar primero el dispositivo de interrupción más próximo a la falta.

El Contratista preparará curvas de coordinación de relés y calibrado de éstos para todos los sistemas de protección previstos.

Se comprobarán los circuitos secundarios de los transformadores de intensidad y tensión aplicando corrientes o tensión a los arrollamientos secundarios de los transformadores y comprobando que los instrumentos conectados a estos secundarios funcionan.

Todos los interruptores automáticos se colocarán en posición de prueba y cada interruptor será cerrado y disparado desde su interruptor de control. Los interruptores deben ser disparados por accionamiento manual y aplicando corriente a los relés de protección. Se comprobarán todos los enclavamientos.

2.4.- Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad:

Para el uso de las instalaciones, primero éstas habrán tenido que pasar sus respectivas revisiones y pruebas para comprobar su correcto funcionamiento; el mantenimiento de las mismas será realizado por la empresa suministradora de energía ateniéndose a toda la reglamentación respectiva al tipo de instalación proyectada; la seguridad para las personas encargadas de la ejecución y mantenimiento de las instalaciones será la emitida en los siguientes documentos:

- Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- R.D. 1627/1997 de 24 de Octubre de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- R.D. 485/1997 de 14 de Abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- R.D. 1215/1997 de 18 de Julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- R.D. 773/1997 de 30 de Mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

2.5.- Revisiones, inspecciones y pruebas periódicas reglamentarias a efectuar por parte de instaladores, de mantenedores y / u organismos de control:

Generalmente, asumimos que la instalación eléctrica es un tipo de instalación que una vez realizada y puesta en funcionamiento, no precisa más cuidados que un mantenimiento sustitutivo de los elementos fungibles (fusibles, lámparas, relés, etc.).

Las instalaciones eléctricas y, especialmente, los elementos de protección contra contactos eléctricos, requieren de un proceso de revisión periódica que permita conocer el estado de los equipos y subsanar las faltas, averías o fallos en los mismos.

3.-Linás aéreas de media tensión.

3.1- Materiales.

Todos los materiales serán de los tipos normalmente aceptados por IBERDROLA DISTRIBUCIÓN. Los materiales siderúrgicos serán como mínimo de acero A-42b.

Estarán galvanizados por inmersión en caliente con recubrimiento de zinc de 0,61 K/m². como mínimo, debiendo ser capaces de soportar cuatro inmersiones en una solución de SO₄Cu al 20% de una densidad de 1,18 a 18° C, sin que el hierro quede al descubierto o coloreado parcialmente.

3.2.- Conductores

El conductor a emplear será de Aluminio-Acero, según recomendación UNESA 23401, del tipo LA 56 y de las siguientes características:

- Composición: Al-Ac (1 + 6 alambres)
- Sección de Aluminio: 46,80 mm².
- Sección de Acero: 7,79 mm².
- Sección total: 54,60 mm²
- Diámetro aparente: 9,45 mm.
- Peso: 0,189 Kg/m.
- Carga de rotura: 1.666 Kg.
- Coeficiente de dilatación: 19,1 x 10⁻⁶ por °C
- Módulo de elasticidad: 8.100 Kg/mm²
- Resistencia eléctrica a 20°C: 0,614 ohm/Km
- Densidad de corriente máxima: 3,70 A/mm²

Deberán cumplir la norma UNE 21.016. Estos conductores estarán engrasados, tanto interior como exteriormente, con una grasa neutra respecto al aluminio y al zinc, químicamente pura. Su punto de goteo en ningún caso será inferior a 65°.

3.3.- Crucetas.

Las crucetas a utilizar serán metálicas galvanizadas por inmersión en caliente, de acuerdo

con lo especificado en el apartado 1.1.4. Estarán construidas en talleres específicos con garantía reconocida. Las disposiciones apoyo-crucetas y los tipos que se utilizan quedan reflejadas en el plano de perfil y planos de detalle.

3.4.- Aislamiento y HERRAJES.

El nivel de aislamiento mínimo utilizado serán el correspondiente para la tensión más elevada de 24 KV. y de acuerdo con el art. 24 del Reglamento de L.A.A.T. Las características del elemento aislador serán las siguientes:

Apoyos de alineación.

Cadena de suspensión CS 2-2x70-5,5 de dos aisladores de vidrio U 70 BS de carga de rotura 4.000 daN, tensión soportada bajo lluvia a 50 Hz. durante un minuto 57 KV, tensión bajo onda de choque 1,2/50 ms. 140 KV, línea de fuga 370 mm.

Apoyos de anclaje, ángulo, amarre y fin de línea.

El aislamiento estará formado por cadenas horizontales de amarre, tipo CAT 2-2x70-5,5 de dos aisladores de vidrio U 70 BS. de carga de rotura 5.500 daN, tensión soportada bajo lluvia a 50 Hz. durante un minuto 80 KV, tensión bajo onda de choque 1,2/50 ms. 200 KV, línea de fuga 560 mm.

Los herrajes y componentes de cada tipo de aislamiento cumplen con los art. 10 y 28 del vigente Reglamento de L.A.A.T., y quedan detallados sus componentes en los planos detalle de aisladores y cadenas aisladores.

En los apoyos de cruce de carreteras, ferrocarriles, etc., el aislamiento se dispondrá de la forma indicada en los artículos 32 y 33 del vigente Reglamento de L.A.A.T.

3.5.- Empalmes, conexiones y retenciones.

Los empalmes serán de tipo 79-AEF-116,2. Las conexiones de derivación utilizarán el tipo AMP 600466 azul.

3.6.- APARELLAJE DE MANIOBRA Y PROTECCIÓN.

De acuerdo con la NHE 1400/0201/1, en los apoyos números 1,5 y 9 de la derivación se instalará un seccionadores unipolares, de características de aislamiento 24KV y 400A. de

intensidad nominal, de marca y tipo aceptados por Iberdrola Distribución, S.A.U., cuyas características principales serán como las siguientes :

- Tensión nominal (aislamiento pleno) 24 KV.
- Intensidad nominal. 400 A.
- Línea de fuga. 430 mm.

3.7.- PUESTAS A TIERRA.

Las puestas a tierra se realizarán teniendo presente lo que al respecto se especifica en los artículos 12.6 y 26 del Reglamento de L.A.A.T.

Todos los apoyos metálicos de la línea estarán dotados de una "Tierra mínima", compuesta por los materiales siguientes:

1. Un flagelo de 3 m. de cable de cobre de 50 mm². sujeto en un extremo a la base del apoyo mediante una grapa terminal para Cu y por el otro a un electrodo de barra cobreado de 16 mm ϕ y 2 m. de longitud.

2. Un segundo flagelo de iguales características al anterior que atravesando la cimentación del apoyo protegido por un tubo, conecte en un extremo al punto de toma de tierra del montante del apoyo mediante una grapa y por el otro extremo salga del macizo de la cimentación para posibles ampliaciones de electrodos.

En el caso de que con esta "tierra mínima" no se consiguiese una resistencia inferior a 100 Ohmios, se le conectará a la parte de tierra descrita en el párrafo (2.), los flagelos y picas que sean necesarios hasta conseguir el anterior valor.

Para los apoyos situados en zonas frecuentadas, la resistencia no será superior a 20 Ohmios y para los ubicados en zonas de pública concurrencia o que soporten aparatos de maniobra, aparte de cumplirse lo anterior se instalará una toma de tierra en anillo cerrado con cable de cobre de 50 mm², todo ello de acuerdo con los planos y especificaciones que se detallan: se abrirá una zanja de 60 cm. mínimo de profundidad, cuya disposición, excepto en los casos de "anillo dominador de potencial", será radial a partir de la base del apoyo e instalándose en ella al menos dos flagelos. En la misma zanja y separados una distancia aproximadamente equivalente a vez y media su longitud, se hincarán electrodos de barra, siempre que sea posible y tan profundamente como se pueda, utilizando manguitos de empalme y mazas o medios mecánicos para ello.

Los flagelos se tenderán de forma zigzagueante en el fondo de la zanja de modo que la longitud del flagelo sea, por lo menos, el doble de la de la zanja.

Cada electrodo de barra se conectará al flagelo con las grapas correspondientes y quedará siempre enterrado a más de 50 cm. bajo el nivel del terreno.

Los conductores de conexión a tierra cumplirán lo dispuesto en el apartado 6 del art. 12 del R.L.A.T.

Los conductores de la línea de enlace con tierra serán todos de cobre de 50 mm² de sección.

En los apoyos que soporten aparatos de maniobra se construirá además la "plataforma del operador", consistente en una placa de hormigón de 70 x 70 x 7 cms., armado con un emparrillado de aproximadamente 20 x 20 cms., y hierro de 0,4 mm., como mínimo, unido a la toma de tierra del anillo dominador de potencial.

3.8.- APOYOS.

Los apoyos serán metálicos y tendrán una altura tal que en ningún caso el conductor quede a menos de 6 m. sobre el terreno, de acuerdo con el Art. 25 del Reglamento vigente. Para su comprobación puede consultarse el plano de perfil, en el cual se ha trazado la catenaria correspondiente al conductor inferior en las condiciones de flecha máxima correspondiente a zona B, por donde discurre la línea.

Los apoyos de cruzamiento, tendrán la altura requerida en cada caso para cumplir las normas particulares específicas del cruce y los artículos 32 y 33 del vigente Reglamento de L.A.A.T. Todos los apoyos deberán llevar placa de señalización de peligro eléctrico, situada a una altura visible y legible desde el suelo, pero sin acceso directo desde el mismo, con una distancia mínima de 2 m.

También se numerarán los apoyos con pintura negra ajustándose dicha numeración a la dada en el proyecto. Las cifras serán legibles desde el suelo.

Los apoyos metálicos serán de estructuras soldadas y atornilladas, estarán galvanizadas por inmersión en caliente y dispondrán de la resistencia adecuada al esfuerzo que hayan de soportar cumpliendo con la Recomendación UNESA 6704.

Los apoyos se ajustarán al documento Planos, en los que se determinan las calidades de los aceros de los diferentes elementos y estarán construidos en talleres específicos con garantía reconocida. Serán de los tipos aceptados por la empresa suministradora.

3.8.1.- TRANSPORTE Y ACOPIO DE LOS APOYOS.

Tanto la descarga de los apoyos como su transporte a pie de obra se realizará con sumo cuidado, ya que un golpe en los mismos puede producir desperfectos, dobladuras o roturas de los perfiles que los componen, dificultando el armado posterior y disminuyendo su resistencia, por lo que los apoyos no serán arrastrados ni golpeados.

La contrata descargará los materiales metálicos con cuidado de no torcer los angulares al trasladarlos a su destino. Las diagonales y arriostramientos, por tratarse de hierros cortos, deben ir numerados y cosidos con alambre.

Por ninguna razón se utilizarán como palanca o arriostramiento los perfiles que componen el apoyo.

Para el acopio de piezas pequeñas se utilizarán cajones para evitar que se pierdan a causa de su número o tamaño.

En lo que respecta a los apoyos de hormigón, su acopio se efectuará a hombros o carros especiales, evitando cualquier tipo de desconches.

3.8.2- Armado e izado de apoyos.

El izado de los postes metálicos comprende:

- 1º.- Armado de los apoyos y crucetas.
- 2º.- Izado de los mismos y colocación del aislamiento.
- 3º.- Colocación de la toma de tierra mínima.

Los aisladores se sujetarán a sus soportes, cuando sea necesario, utilizando materiales adecuados tales como el porcelanit.

Los tornillos de las torres se apretarán siempre con llaves dinamométricas a los aprietes indicados por el constructor.

El armado de los apoyos cuando estos son conjuntos de dos o más cuerpos, se realizará teniendo presente la concordancia de las diagonales y presillas.

Para el izado de los postes metálicos despiezados en perfiles se procederá a montar el poste, lo cual se procurará hacer en terreno llano. Para hacer coincidir los taladros en los angulares se utilizará el puntero de calderero, teniendo muy presente que este útil no se debe emplear nunca para agrandar los taladros, ya que siempre lo harán a costa de rasgar el angular de menor sección. Si es necesario agrandar taladros se hará con escariador.

Cuando sea necesario hacer nuevos taladros nunca se debe emplear grupo eléctrico o electrógeno, sino que se utilizará taladro, punzonadora o carraca.

Una vez montado el poste se izará con grúa o pluma, procurando no exponerlo a movimientos que puedan variar la alineación del mismo. Una vez izado se procederá a repasar todos los tornillos dándoles una presión correcta con llaves dinamométricas.

El tornillo deberá salir por la tuerca por lo menos tres hilo de rosca, las cuales se granetearán para que no se suelten debido a las vibraciones que pueda tener el poste.

Cuando la "tierra mínima" sea insuficiente o se trate de zonas frecuentadas y de pública concurrencia, se abrirá una zanja de 60 cm. mínimo de profundidad, cuya disposición, excepto en los casos de "anillo dominador de potencial", será radial a partir de la base del apoyo e instalándose en ella al menos dos flagelos. En la misma zanja y separados una distancia aproximadamente equivalente a vez y media su longitud, se hincarán electrodos de barra, siempre que sea posible y tan profundamente como se pueda, utilizando manguitos de empalme y mazas o medios mecánicos para ello.

Los flagelos se tenderán de forma zigzagueante en el fondo de la zanja de modo que la longitud del flagelo sea, por lo menos, el doble de la de la zanja.

Cada electrodo de barra se conectará al flagelo con las grapas correspondientes y quedará siempre enterrado a más de 50 cm. bajo el nivel del terreno.

Todas las zanjas se rellenarán con una capa de tierra de unos 10 cm., y sobre ella se extenderá, si no se indica lo contrario, el "mejorador de tierras" en la proporción adecuada, procediéndose a continuación a terminar de rellenar la zanja con tierra.

Todas las ampliaciones de la toma de tierra realizadas de este modo, se unirán rígidamente entre sí y la "toma de tierra mínima" del apoyo, en su salida lateral de la cimentación.

Cuando se trate de un "anillo dominador de potencial" el flagelo irá enterrado a más de 50cm. de profundidad, en una zanja circular que diste un metro de las aristas del macizo. Se hincarán y unirán a él, si es posible, uno o dos electrodos de barra, y este anillo irá unido a la toma de tierra mínima del apoyo.

El valor de la resistencia de la "toma de tierra mínima" para los apoyos en general, será inferior a 100 ohmios y para los apoyos situados en zona frecuentada y de pública concurrencia será de 20 Ω

3.8.3.- Peana.

Se realizará con hormigón H-200, de forma que el macizo de hormigón sobresalga del nivel del terreno como mínimo 15 cm. y termine en punta de diamante, para facilitar el deslizamiento del agua, enluciéndola con hormigón rico en cemento. Se tendrá la precaución de dejar un taladro en la base para poder colocar el cable de tierra de las columnas. Este deberá salir a unos 50 cm. por debajo del nivel del suelo, en la parte superior de la peana, junto a un angular o montante.

En las hojas de cálculo se indican dimensiones de los macizos para terrenos normales y rocosos, excluidos los flojos, sueltos y con agua que deberán ser calculados caso por caso.

En los apoyos colocados en zonas de pública concurrencia se prolongará la peana hasta una altura de dos metros del suelo, sobre las dimensiones de la cimentación. Dicha prolongación se hará con ladrillo macizo y se rematará a la tirolesa. Se tendrá la precaución de terminarla también en punta de diamante, así como prever en su base unos orificios para salida de agua de filtraciones, etc. Si el apoyo llevase un seccionador III con mando en la base, el recrecimiento de la peana sería por la cara interior del apoyo:

A juicio del Director de obra se podrá sustituir la peana anterior por un juego de chapas antiescalo de la misma altura, de acero galvanizado de 3 mm de espesor como mínimo.

3.9.-Tendido,tensado y retenciado.

Las flechas y tensiones de tendido se ajustarán a las dadas en las en las recomendaciones UNESA para cables LA, tense límite estático-dinámico.

En los tendidos con cables de aluminio deberán tenerse en cuenta los siguientes factores:

1. Se tenderán siempre en bobina y utilizando poleas guía en todos los apoyos.
2. Se evitará en todo lo posible que el cable toque el suelo, ya que el contacto con la tierra, al contener ésta sales, puede producir depósitos de ésta en el conductor que produzcan efectos químicos que lo deterioren. Además, en los cables engrasados puede hacer disminuir la cantidad de grasa lo que facilitaría una rápida corrosión del cable.
3. Es imprescindible utilizar material apropiado, tanto para empalmes como amarres, para evitar la formación de pares eléctricos. Especial atención se prestará a evitar la formación instantánea de alúmina, cepillando la parte de cable a conexionar, impregnando previamente de grasa neutra o vaselina.
4. No se utilizará para estos tendidos material que anteriormente haya estado en contacto con conductores de cobre (aisladores, etc.).
5. Las mordazas (ranas) de las trócolas utilizadas para el tensado de estos conductores serán apropiadas para aluminio.
6. Los estribos de las grapas se apretarán siempre con llaves dinamométricas a los pares de apriete indicados por el fabricante.
7. Los empalmes se efectuarán siempre con manguitos normalizadas por IBERDROLA DISTRIBUCIÓN, apropiados a cada sección. Cuando se utilicen accesorios preformados se seguirán las normas apropiadas para la perfecta elaboración de las conexiones, empalmes, etc.

8. Cuando sea necesario realizar cruces de carreteras, ferrocarriles, líneas de alta tensión, etc., será imprescindible la colocación de postes de madera u hormigón, siempre que no se hormigonen, para el paso de los conductores. Se colocarán dos postes a cada lado de la carretera o línea y uno en su parte superior transversal, de tal forma que, aunque se afloje el conductor, éste no llegue nunca a tocar la línea que se trata de cruzar.

9. Las operaciones de tendido no serán emprendidas hasta pasados 15 días desde la terminación de la cimentación de los apoyos de ángulo y anclaje, salvo indicación en contrario del director de obra.

10. Durante el tendido se tomarán todas las precauciones posibles, tales como arriostamiento, etc., para evitar las deformaciones o fatigas anormales de crucetas, apoyos y cimentaciones, sobre todo en los apoyos de ángulo y anclaje.

11. El tendido de los conductores se realizará exclusivamente con dinamómetro de escala adecuada al uso en cuestión.

12. El contratista será responsable de los deterioros que se produzcan por la no observancia de estas prescripciones.

3.10- Montajes diversos.

3.10.1- Juegos trifásicos de cortocircuitos fusibles unipolares para accionamiento por pértiga.

Para la colocación de estos juegos de cortocircuitos se emplearán armados normalizados y se realizará de acuerdo con el plano de detalle correspondiente.

La toma de tierra debe ser del tipo “anillo dominador de potencial”.

3.10.2.- Seccionador trifásico con accionamiento por mando desde la base del apoyo.

Para la colocación del seccionador se colocarán armados normalizados y se realizará de acuerdo con el plano de detalle correspondiente.

Se tendrá especial cuidado en dejar regulado perfectamente el accionamiento del mando.

La “plataforma del operador” consiste en una placa de hormigón de 70x70x7 cm., armado con un emparrillado de aproximadamente 20x20 cm y hierro Ø 4 mm. como mínimo, unido a la toma de tierra del anillo dominador de potencial.

3.10.3.- Numeración de apoyos y colocación de placas de aviso de peligro eléctrico.

Se numeraran los apoyos con pintura negra; ajustándose dicha numeración a la dada en el proyecto. En el supuesto de alguna variación durante la ejecución, se

consultará con el Director de Obra la nueva numeración. Las cifras serán legibles desde el suelo.

También se les colocará placas señalizadoras de “peligro eléctrico”, en nº de dos para los apoyos situados en zonas frecuentadas de Pública Concurrencia y en nº de uno para el resto de los hoyos.

Estas placas se colocarán con tornillos o con otro método que asegure una sujeción firme, no admitiéndose la sujeción mediante alambre.

Cumplirán en todo momento la recomendación UNESA 0203.

Se situarán a una altura visible y legible desde el suelo pero sin acceso directo desde el mismo a una altura mínima de 2 m.

3.11.- Tolerancias de ejecución.

Desplazamiento de apoyos sobre su alineación.

Si D representa la distancia, expresada en metros, entre ejes de un apoyo y el de ángulo más próximo, la desviación en alineación de dicho apoyo, es decir, la distancia entre el eje de dicho apoyo a la alineación real, debe ser inferior a $10+(D/100)$, expresada en centímetros.

Desplazamiento de un apoyo sobre el perfil longitudinal de la línea en relación a su situación prevista.

No debe suponerse aumento en la altura del apoyo. Las distancias de los conductores respecto al terreno deben permanecer como mínimo iguales a las previstas en el Reglamento.

Verticalidad de los apoyos.

En apoyos de alineación se admite una tolerancia del 0,2 % sobre la altura del apoyo.

Altura de flechas.

La diferencia máxima entre la flecha medida y la indicada en las tablas de tendido no deberá superar un + 2,5 %.

4.-Líneas subterráneas de media tensión.

4.1.-Calidad de los materiales. Condiciones y ejecución.

4.1.1.- Cables de aislados de media tensión.

Su sección será la indicada en el proyecto de cada línea y serán del tipo indicado en el proyecto.

Conductores.

Los conductores a emplear tendrán las siguientes características generales :

Se utilizarán únicamente cables de aislamiento de dieléctrico seco, según NI 56.43.01 de las características esenciales siguientes: Conductor : Aluminio compacto, sección circular, clase 2 UNE21-022.

Pantalla sobre el conductor: Capa de mezcla semiconductora aplicada por extrusión.

Aislamiento: Mezcla a base de etileno propileno de alto módulo (HEPR).

Pantalla sobre el aislamiento: Una capa de mezcla semiconductora pelable no metálica aplicada por extrusión, asociada a una corona de alambre y contra espira de cobre.

Cubierta: Compuesto termoplástico a base de poliolefina y sin contenido de componentes clorados u otros contaminantes.

Tipo seleccionado:

Tipo constructivo	Tensión Nominal Kv	Sección Conductor mm ²	Sección pantalla mm ²
HEPRZ1	12/20	150	16
		240	16
		400	16
	18/30	150	25
		240	25
		400	25

Las tensiones nominales serán de 20 ó 30 Kv, y para los cálculos de cualquier tipo se considerará un $\cos \phi = 0,9$.

Algunas otras características importantes serían :

Sección Mm ²	Tensión Nominal KV	Resistencia Máx. a 105°C Ω /km	Reactancia por fase Ω /km	Capacidad μ F/km
150	12/20	0,277	0,112	0,368
240		0,169	0,105	0,453
400		0,107	0,098	0,536
150	18/30	0,277	0,121	0,266
240		0,169	0,113	0,338
400		0,107	0,106	0,401

Temperatura máxima en servicio permanente 105°C.

Temperatura máxima en cortocircuito $t < 5s$ 250°C.

Intensidades admisibles.

Las intensidades máximas admisibles en servicio permanente dependen en cada caso de la temperatura máxima que el aislante pueda soportar sin alteraciones en sus propiedades eléctricas, mecánicas o químicas.

Esta temperatura es función del tipo de aislamiento y del régimen de carga. Para cables sometidos a ciclos de carga, las intensidades máximas admisibles serán superiores a las correspondientes en servicio permanente.

Las temperaturas máximas admisibles de los conductores, en servicio permanente y en cortocircuito, para este tipo de aislamiento, se especifican en la tabla.

Temperatura máxima, en °C, asignada al conductor

Tipo de aislamiento	Tipo de condiciones	
	Servicio permanente	Cortocircuito $t \leq 5s$
Etileno Propileno de alto módulo (HEPR)	105	> 250

Las condiciones del tipo de instalaciones y la disposición de los conductores, influyen en las intensidades máximas admisibles.

Condiciones tipo de instalación enterrada.

A los efectos de determinar la intensidad admisible, se consideran las siguientes condiciones tipo:

Cables con aislamiento seco.

Una terna de cables unipolares agrupadas a triángulo directamente enterrados en toda su longitud en una zanja de 1 m de profundidad en terreno de resistividad térmica media de 1 K.m/W y temperatura ambiente del terreno a dicha profundidad de 25° C.

En la tabla 4 se indican las intensidades máximas permanentes admisibles en los cables normalizados en ID para canalizaciones enterradas directamente.

Intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente y con corriente alterna, de los cables con conductores de aluminio con aislamiento seco (HEPR)

Tensión nominal U _o /U Kv	Sección nominal de los conductores mm ²	Intensidad
		3 unipolares
12/20	150	330
	240	435
	400	560
18/30	150	330
	240	435
	400	560

Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores.

En la tabla 6 se indica la intensidad máxima admisible de cortocircuito en los conductores, en función de los tiempos de duración del cortocircuito

**Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores, en KA
(Incremento de temperatura 160 θ en °C)**

Tipo de Aislamiento	Tensión Kv	Sección mm ²	Duración del cortocircuito t en s.								
			0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
HEPR	12/20 18/30	150	44,7	31,9	25,8	19,9	14,1	11,5	9,9	8,8	8,1
		240	71,5	51,1	41,2	31,9	22,5	18,4	15,8	14,1	12,9
		400	119,2	85,2	68,8	53,2	37,61	30,8	26,4	23,6	21,6

Intensidades de cortocircuitos admisibles en las pantallas.

En la tabla se indican, a título orientativo, las intensidades admisibles en las pantallas metálicas, en función del tiempo de duración del cortocircuito.

Esta tabla corresponde a un proyecto de cable con las siguientes características:

- Pantalla de hilos de cobre de 0,75 mm de diámetro, colocada superficialmente sobre la capa semiconductora exterior (alambres no embebidos).
- Cubierta exterior poliolefina (Z1).
- Temperatura inicial pantalla: 70°C.
- Temperatura final pantalla: 180°C.

Intensidades de cortocircuito admisible en la pantalla de cobre, en A

Sección Pantalla Mm ²	Duración del cortocircuito, en segundos								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
16	7.750	5.640	4.705	3.775	2.845	2.440	2.200	2.035	1.920
25	1.1965	8.690	7.245	5.795	4.350	3.715	3.340	3.090	2.900

El cálculo se ha realizado siguiendo la guía de la norma UNE 21-193, aplicando el método indicado en la norma UNE 21-192.

4.2.- Tendido, empalmes, terminales, protecciones, cruces y paralelismos.

4.2.1.-Tendido.

El transporte de bobinas de cable se realizará sobre camiones o remolques apropiados.

Las bobinas estarán convenientemente calzadas y no podrán retener con cuerdas, cables o cadenas que abracen la bobina sobre la capa exterior del cable enrollado.

La carga y descarga se realizará suspendiendo la bobina por medio de una barra que pasen por el eje central de la bobina y con los medios de elevación adecuados a su peso.

No se dejarán caer al suelo desde un camión o remolque.

Los desplazamientos de las bobinas sobre el suelo, rodándolas, se realizarán en el sentido de rotación indicado generalmente con una flecha en la bobina, con el fin de evitar que se afloje el cable.

En las curvas se colocarán los rodillos precisos para que el radio de curvatura de los cables no sea inferior a 20 veces su diámetro, de forma que soporten el empuje lateral de cable.

Antes de empezar el tendido se estudiará el punto más apropiado para situar la bobina.

En caso de trazados con pendiente, suele ser conveniente tender cuesta abajo. Se procurará colocarla lo más alejada posible de los entubados.

La bobina estará elevada y sujeta por medio de la barra y gatos apropiados. Tendrá un dispositivo de frenado eficaz. Su situación será tal que la salida de cable durante el tendido se realice por su parte superior.

Antes de tender el cable, se recorrerán con detenimiento las zanjas abiertas o en los interiores de los tubos, para comprobar que se encuentran sin piedra u otros elementos duros que puedan dañar a los cables en su tendido, realizando las verificaciones oportunas (paso de testigo por los tubos) .

Los cables deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado, evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc., y teniendo siempre presente que el radio de curvatura del cable será superior a 20 veces su diámetro durante su tendido, y superior a 15 veces su diámetro, una vez instalado.

Cuando los cables se tiendan a mano, los operarios estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja. El cable se guiará por medio de una cuerda sujeta al extremo del mismo por una funda de malla metálica

El tendido se realizará con los cables soportados por rodillos adecuados que puedan girar libremente y contruidos de forma que no dañen el cable, dispondrán además de una base que impida su vuelco y su garganta tendrá las dimensiones necesarias para que circule el cable sin que se salga o caiga.

La distancia entre rodillos será tal que el cable, durante el tendido, no roce con la arena

En las curvas se colocarán los rodillos precisos para que el radio de curvatura de los cables no sea inferior a 20 veces su diámetro, de forma que soporten el empuje lateral de cable.

Antes de empezar el tendido se estudiará el punto más apropiado para situar la bobina.

En caso de trazados con pendiente, suele ser conveniente tender cuesta abajo. Se procurará colocarla lo más alejada posible de los entubados.

La bobina estará elevada y sujeta por medio de la barra y gatos apropiados. Tendrá un dispositivo de frenado eficaz. Su situación será tal que la salida de cable durante el tendido se realice por su parte superior.

Antes de tender el cable, se recorrerán con detenimiento las zanjas abiertas o en los interiores de los tubos, para comprobar que se encuentran sin piedra u otros elementos duros que puedan dañar a los cables en su tendido, realizando las verificaciones oportunas (paso de testigo por los tubos).

Los cables deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado, evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc., y teniendo siempre presente que el radio de curvatura del cable será superior a 20 veces su diámetro durante su tendido, y superior a 15 veces su diámetro, una vez instalado.

Cuando los cables se tiendan a mano, los operarios estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja. El cable se guiará por medio de una cuerda sujeta al extremo del mismo por una funda de malla metálica.

También se puede tender mediante cabrestantes, tirando de la vena del cable, al que se habrá adosado una cabeza apropiada y con un esfuerzo de tracción igual o inferior a 2,4 daN/mm² ó al indicado por el fabricante del cable.

Los cabrestantes u otras máquinas que proporcionen la tracción necesaria para el tendido, estarán dotadas de dinamómetros apropiados.

El tendido de los conductores se interrumpirá cuando la temperatura ambiente sea inferior a 0°C, debido a la rigidez que a esas temperaturas toma el aislamiento.

Los conductores se colocarán en su posición definitiva, tanto en las zanjas como en canales de obra o las galerías, siempre a mano, sin utilizar palancas u otros útiles; quedarán perfectamente alineados en las posiciones indicadas en el proyecto.

Para identificar los cables unipolares se marcarán con cintas adhesivas de colores verde, amarillo y marrón, cada 1,5 m.

Cada 10 m, como máximo, y sin coincidir con las cintas de señalización, se pondrán unas abrazaderas de material sintético de color negro que agrupen la terna de conductores y los mantenga unidos. En los entubados no se permitirá el paso de dos circuitos por el mismo tubo.

Cuando en una zanja coincidan líneas de distintas tensiones, se situarán en bandas horizontales a distinto nivel, de forma que en cada banda se agrupen los cables de igual tensión. La separación mínima entre cada dos bandas será de 25 cm. La separación entre dos cables multipolares dentro de una misma banda será de 10 cm, como mínimo.

La profundidad de las respectivas bandas de cables dependerá de las tensiones, de forma que la mayor profundidad corresponda a la mayor tensión.

Cuando se coloque por banda más de los circuitos indicados, se abrirá una zanja de anchura especial, teniendo siempre en cuenta las separaciones mínima de 10 cm entre líneas.

No se dejará nunca el cable tendido en una zanja abierta sin haber tomado antes la precaución de cubrirlo con una capa de 10 cm de arena fina, y sus extremos protegidos convenientemente para asegurar su estanqueidad.

Antes del tapado de los conductores con la segunda capa de arena, se comprobará que durante el tendido no se han producido erosiones en la cubierta

4.2.2.- Terminales y empalmes.

En alta tensión cumplirán con lo indicado en las Normas

NI 56.80.02 y NI 72.83.00.

Los terminales serán del tipo designado por el fabricante para la sección de los cables del proyecto de la red y estarán de acuerdo con la naturaleza del aislamiento del cable.

Serán de exterior o enchufables.

Confección de terminales.

Se utilizarán los del tipo indicado en el proyecto, siguiendo para sus instalaciones las instrucciones y normas del fabricante, así como las reseñadas a continuación.

En la ejecución de los terminales, se pondrá especial cuidado en limpiar escrupulosamente la parte del aislamiento de la que se ha quitado la capa semiconductor. Un residuo de barniz, cinta o papel semiconductor es un defecto grave.

Los elementos que controlan el gradiente de campo serán los indicados por el fabricante y se realizarán con las técnicas y herramientas adecuadas.

Los Empalmes serán del tipo designado por el fabricante para la sección de los cables del proyecto. Estarán de acuerdo con la naturaleza del aislamiento de los cables a empalmar.

Confección de empalmes.

La ejecución de los empalmes se realizará siguiendo las instrucciones y normas del fabricante.

Se procurará, a ser posible, no efectuar ningún cruce de fases, y en el caso de ser indispensable, se extremarán las precauciones al hacer la curvatura.

Los manguitos para la unión de las cuerdas serán los indicados por Iberdrola, y su montaje se realizará con las técnicas y herramientas que indique el fabricante, teniendo la precaución de que durante la maniobra del montaje del manguito no se deteriore el aislamiento primario del conductor.

En la ejecución de empalmes en cables, se tendrá especial cuidado en la curvatura de las fases, realizándola lentamente para dar tiempo al desplazamiento de cable y no sobrepasando en ningún punto el radio mínimo de curvatura.

4.2.3.-Protecciones.

Protecciones contra sobreintensidades.

Los cables estarán debidamente protegidos contra los efectos térmicos y dinámicos que puedan originarse debido a las sobreintensidades que puedan producirse en la instalación.

Para la protección contra sobreintensidades se utilizarán interruptores automáticos colocados en el inicio de las instalaciones que alimenten cables subterráneos.

Las características de funcionamiento de dichos elementos de protección corresponderán a las exigencias que presente el conjunto de la instalación de la que forme parte el cable subterráneo, teniendo en cuenta las limitaciones propias de éste.

Protección contra sobreintensidades de cortocircuito.

La protección contra cortocircuitos por medio de interruptores automáticos se establecerá de forma que la falta sea despejada en un tiempo tal, que la temperatura alcanzada por el conductor durante el cortocircuito no dañe el cable.

Las intensidades máximas de cortocircuito admisibles para los conductores y las pantallas correspondientes a tiempos de desconexión comprendidos entre 0,1 y 3 segundos, serán las indicadas en la Norma UNE 20-435. Podrán admitirse intensidades de cortocircuito mayores a las indicadas en aquellos casos en que el fabricante del cable aporte la documentación justificativa correspondiente.

Protección contra sobretensiones.

Los cables aislados deberán estar protegidos contra sobretensiones por medio de dispositivos adecuados, cuando la probabilidad e importancia de las mismas así lo aconsejen. Para ello, se utilizará, como regla general, pararrayos de óxido metálico, cuyas características estarán en función de las probables intensidades de corriente a tierra que puedan preverse en caso de sobretensión.

Deberán cumplir también en lo referente a coordinación de aislamiento y puesta a tierra de autoválvulas, lo que establece en las instrucciones MIE-RAT 12 y MIE-RAT 13, respectivamente, del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

4.2.4. Cruzamiento y paralelismos.

En los cruzamientos y paralelismos con otros servicios, se atenderá a lo dispuesto por los Organismos Oficiales, propietarios de los servicios a cruzar. En cualquier caso, las distancias a dichos servicios serán, como mínimo, de 25 cm.

No se instalarán conducciones paralelas a otros servicios coincidentes en la misma proyección vertical. La separación entre los extremos de dichas proyecciones será mayor de 30 cm.

En los casos excepcionales en que las distancias mínimas indicadas anteriormente no puedan guardarse, los conductores deberán colocarse en el interior de tubos de material incombustible de suficiente resistencia mecánica.

La zanja se realizará lo más recta posible, manteniéndose paralela en toda su longitud a los bordillos de las aceras o a las fachadas de los edificios principales.

En los trazados curvos, la zanja se realizará de forma que los radios de los conductores, una vez situados en sus posiciones definitivas, sean como mínimo 15 veces el diámetro del cable.

Los cruces de las calzadas serán rectos, a ser posible perpendiculares al eje de las mismas.

4.3.- accesorios.

Empalmes y Terminales.

Los empalmes y terminales serán adecuados a la naturaleza, composición y sección de los cables, y no deberán aumentar la resistencia eléctrica de éstos.

Los terminales deberán ser, asimismo, adecuados a las características ambientales (interior, exterior, contaminación, etc.).

Los empalmes y terminales se realizarán siguiendo las instrucciones del fabricante.

Terminales.

Las características de los terminales serán las establecidas en la NI 56.80.02.

Los conectores para terminales de AT quedan recogidos en NI 56.86.01.

En los casos que se considere oportuno el empleo de terminales enchufables, será de acuerdo con la NI 56.80.02.

Terminales de exterior normalizados

Designación	Tensión Kv	Sección del conductor mm ²	Naturaleza del conductor
TES/24-R/50		50	
TES/24-R/150÷240	24	150 y 240	
TES/24-R/400		400	Al
TES/36-R/50		50	
TES/24-D/150÷240	24	150 y 240	
TES/24-D/400		400	
TES/36-D/50		50	

Terminales enchufables normalizados

Designación	Conector Pasatapas	Tensión Kv	Sección del conductor mm ²	Naturaleza del conductor
TER1S/24/50	C1S	24		
TEA1S/24/50			50	
TEA2R/24/240/sDC	C2R	24	240	Al
TET2R/24/150			150	
TET3R/36/150			150	

Empalmes.

Las características de los empalmes serán las establecidas en la NI 56.80.02.

Empalmes rectos unipolares normalizados

Designación	Tensión Kv	Sección del conductor mm ²	Naturaleza del conductor
E1S/24-R/150÷240	24	150 y 240	Al
E1S/24-R/400		400	

4.4.- Obra civil.

4.4.1.- Materiales.

Arena.

La arena que se utilice para la protección de los cables será limpia, suelta, áspera, crujiente al tacto, exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas.

Si fuese necesario, se tamizará o lavará convenientemente. (Tamiz 032 UNE).

Estará exenta de polvo, para lo cual no se utilizará arena con granos de dimensiones inferiores a 0,2 mm.

Se utilizará indistintamente de mina o de río, siempre que reúna las condiciones señaladas anteriormente; las dimensiones de los granos serán de 3 mm como máximo.

Ladrillo para fábrica.

Los ladrillos empleados para la ejecución de fábricas serán de ladrillo cocido y de dimensiones regulares, y a ser posible enteros.

Tubos termoplásticos.

Los tubos serán de material termoplástico (libre de halógenos) de un diámetro de 160 mm, como mínimo.

Hormigones.

Los hormigones serán preferentemente prefabricados en planta y cumplirán las prescripciones de la Instrucción Española para la ejecución de las obras de hormigón EH 90.

El hormigón a utilizar en los rellenos y asientos de los tubos, en su caso, será del tipo H125.

Loseta hidráulica.

La loseta hidráulica empleada en la reposición de pavimentos será nueva y tendrá la textura y tonos del pavimento a reponer.

Asfaltos.

Los pavimentos de las capas de rodadura en las calzadas serán de las mismas características de los existentes, en cuanto a clases, aglomerados en frío o caliente, etc. o tipo de cada uno de estos (cerrado, abierto...).

Retirada de tierras.

La tierra sobrante, así como los escombros del pavimento y firme se llevarán a escombrera o vertedero, debidamente autorizados con el canon de vertido correspondiente.

Rellenos de zanjas con tierras , todo-uno, zahorras, u hormigón.

Una vez colocadas las protecciones del cable, señaladas en identif. 29, se rellenará toda la zanja con tierra de la excavación o de préstamo, según el caso, apisonada, debiendo realizarse los 25 primeros cm de forma manual.

Sobre esta tongada se situará la cinta de atención al cable.

El cierre de las zanjas se realizará por tongadas, cuyo espesor original sea inferior a 25 cm, compactándose inmediatamente cada una de ellas antes de proceder al vertido de la tongada siguiente.

La compactación estará de acuerdo con el pliego de condiciones técnicas del municipio correspondiente.

En las zanjas realizadas en aceras o calzadas con base de hormigón, el relleno de la zanja con tierras compactas, no sobrepasará la cota inferior de las bases de hormigón. El material de aportación para el relleno de las zanjas tendrá elementos con un tamaño máximo de 10 cm, y su grado de humedad será el necesario para obtener la densidad exigida en las ordenanzas municipales, una vez compactado.

Rellenos de zanjas con tierras u hormigón.

El relleno de zanjas en cruces se realizará con todo-uno o zahorras, o con hormigón H 125, hasta la cota inferior del firme.

Asiento de cables con arena (tamiz 032 UNE) :

En el fondo de las zanjas se preparará un lecho de arena de las características indicadas, de 10 cm de espesor, que ocupe todo su ancho.

Una vez terminado el tendido, se extenderá sobre los cables colocados, una segunda capa de arena de 10 cm de espesor, como mínimo, que ocupe todo el ancho de la zanja.

Asientos de tubos con hormigón H125 o con arena :

El número de tubos y su distribución en capas serán los indicados en el proyecto, y estarán hormigonados en toda su longitud, o con asiento de arena.

Una vez instalados, los tubos no presentarán en su interior resaltes que impidan o dificulten el tendido de los conductores, realizándose las verificaciones oportunas (paso detestigo).

Antes de la colocación de la capa inferior de los tubos, se extenderá una tongada de hormigón H125 o de arena, según el caso, y de 5 cm de espesor que ocupe todo el ancho de la zanja; su superficie deberá quedar nivelada y lo más lisa posible.

Sobre esta tongada se colocarán todos los tubos, realizando los empalmes necesarios; los tubos quedarán alineados y no presentarán en su interior resaltes ni rugosidades.

El conjunto de los tubos se cubrirá con hormigón H125 o de arena, según el caso, hasta una cota que rebase la superior de los tubos en, al menos, 10 cm, y que ocupe todo el ancho de las zanjas

Colocación protección mecánica.

Sobre el asiento del cable en arena se colocará una protección mecánica de un tubo termoplástico de un diámetro de 160 mm o un tubo y una placa cubrecable, según el caso.

Se colocará la protección mecánica a lo largo de la canalización en número y distribución, según lo indicado en el proyecto.

Pavimentos.

-Levante pavimento y pavimentación.

-Demoler pavimento y pavimentación.

-Pavimentación.

-Rotura y reposición de pavimentos.

-Tela asfáltica.

-Tierra-jardín.

En la rotura de pavimentos se tendrán en cuenta las disposiciones dadas por las entidades propietarias de los mismos.

La rotura del pavimento con maza está prohibida, debiendo hacer el corte del mismo de una manera limpia, como con tajadera.

En el caso en que el pavimento esté formado por losas, adoquines, bordillos de granito u otros materiales de posterior utilización, se quitarán éstos con la precaución debida para no ser dañados, colocándose de forma que no sufran deterioro en el lugar que molesten menos a la circulación.

El resto del material procedente del levantado del pavimento será retirado a vertedero.

Los pavimentos serán repuestos con las normas y disposiciones dictadas por los organismos competentes o el propietario.

Para la reconstrucción de las soleras de hormigón de la acera, una vez concluido el relleno de las zanjas, se extenderá una tongada de hormigón con características H125, que ocupando todo el ancho de la zanja, llegue hasta la capa superior del firme primitivo; este nuevo firme tendrá el mismo espesor del primitivo, pero nunca inferior a 10 cm.

En la reconstrucción de las bases de hormigón de las calzadas, se procederá del mismo modo que en las aceras, pero con espesores mínimos de 20 cm.

Una vez transcurrido el plazo necesario para comprobar que el hormigón ha adquirido la resistencia suficiente, se procederá a la reconstrucción de los pavimentos o capas de rodadura.

Para la reconstrucción de pavimentos de acera de cemento, se extenderá sobre la solera de hormigón un mortero de dosificación 175 kg ó 200 kg, en el que una vez alisado, se restablecerá el dibujo existente.

Para la reconstrucción de los pavimentos de loseta hidráulica se extenderá sobre la solera de hormigón un mortero semiseco de dosificación 175 ó 200 kg, y una vez colocadas las losetas hidráulicas, se recargará, primero con agua, y luego con una lechada de cemento.

En ningún caso se realizará la reconstrucción parcial de una loseta hidráulica.

De darse tal necesidad, se comenzará por levantar, previamente, la parte precisa para que el proceso afecte a losetas hidráulicas completas.

En la reconstrucción de capas de rodadura de empedrado sobre hormigón, se extenderá un mortero semiseco de 175 ó 200 kg de dosificación sobre la infraestructura de hormigón.

Una vez colocado el adoquín, se regará primero con agua y luego con una lechada de cemento. El pavimento reconstruido se mantendrá cerrado al tránsito durante el plazo necesario para que adquiera la consistencia definitiva.

Para la reinstalación de bordillos, bien graníticos o prefabricados de hormigón, se colocarán siempre sentados sobre hormigón H125 y mortero de 175 kg ó 200 kg de dosificación. La solera de hormigón tendrá un espesor mínimo de 30 cm.

Para la reconstrucción de la capa de rodadura de aglomerado asfáltico o asfalto fundido, se levantará del pavimento existente, una faja adicional de 5 cm de anchura a ambos lados del firme de hormigón, cortado verticalmente. Una vez retirados los sobrantes producidos y limpia la totalidad de la superficie, se procederá a la extensión del nuevo material, que tendrá idénticas características que el existente, sobre la infraestructura de hormigón ya creada.

Después de su compactación, el pavimento reconstruido se mantendrá cerrado al tránsito durante el plazo necesario para que adquiera la consistencia definitiva.

La reconstrucción de pavimentos o capas de rodadura de tipo especial, tales como losas graníticas, asfalto fundido, loseta asfáltica, etc., se realizará adaptando las normas anteriores al caso concreto de que se trate.

Una vez terminada la reposición de los pavimentos, éstos presentarán unas características homogéneas con los pavimentos existentes, tanto de materiales como de colores y texturas

La reposición de tierra-jardín, se realizará de acuerdo con las disposiciones dictadas por los Organismos Competentes o por el propietario.

Colocación marco y tapa.

En la cabeza de las arquetas registrables se colocarán los marcos y tapas indicadas en el proyecto, debidamente enrasados con el pavimento correspondiente.

Los marcos se recibirán con mortero M250.

Colocación de arquetas y calas de tiro.

En los cambios de dirección de las canalizaciones entubadas se dispondrá preferentemente de calas de tiros y excepcionalmente de arquetas ciegas, arquetas de hormigón o ladrillo, de dimensiones necesarias para que el radio de curvatura de tendido sea, como mínimo, 20 veces el diámetro exterior del cable.

No se admitirán ángulos inferiores a 90°, y aún éstos se limitarán a los indispensables.

En general los cambios de dirección se harán con ángulos grandes.

Las arquetas prefabricadas de hormigón se colocarán sobre el suelo acondicionado previamente, y debidamente niveladas. Las arquetas "in situ" y sus suplementos, se ajustarán a lo indicado en el MT-NEDIS 2.03.21.

Las arquetas ciegas se ajustarán a lo indicado en el MT-NEDIS 2.03.21

Perforaciones horizontales (topo).

Las perforaciones en horizontal por medios mecánicos mediante máquina especial adecuada, se realizarán de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

El número de tubos y diámetro de estos será el indicado en el proyecto.

Perforaciones de muros (hormigón o mampostería).

La rotura de muros se realizará con maquinaria apropiada (compresor/martillo), colocando tubos rectos termoplásticos, separados entre sí 2 cm y sobre paredes del hueco abierto 5 cm, recibiendo los tubos con mortero M250.

4.5.-Zanjas, ejecución, tendido, cruzamientos, paralelismos, señalización y acabado.

Formas de canalizaciones.

La ejecución de las instalaciones de líneas subterráneas de AT se realizará básicamente en los siguientes tipos de canalizaciones:

- Canalizaciones enterradas.
- Canalizaciones entubadas por aceras.
- Cruces por calzadas.
- Canalizaciones en galería o instalación al aire.

Trazado.

Las canalizaciones, salvo casos de fuerza mayor, discurrirán por terrenos de dominio público, bajo las aceras, evitándose ángulos pronunciados.

El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales.

Antes de proceder al comienzo de los trabajos, se marcarán en el pavimento de las aceras, los lugares donde se abrirán las zanjas, señalando tanto su anchura como su longitud y las zonas donde se dejarán puentes para la contención del terreno.

Si hay posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas construidas, se indicarán sus situaciones, con el fin de tomar las precauciones debidas.

Antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.

Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que durante las operaciones del tendido, deben tener las curvas en función de la sección del conductor o conductores que se vayan a canalizar.

Seguridad

Las zanjas se realizarán cumpliendo todas las medidas de seguridad personal y vial indicadas en las Ordenanzas Municipales, Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el

Trabajo, Código de la Circulación, etc.

Todas las obras deberán estar perfectamente señalizadas y balizadas, tanto frontal como longitudinalmente (chapas, tableros, valla, luces,...).

La obligación de señalizar alcanzará, no sólo a la propia obra, sino aquellos lugares en que resulte necesaria cualquier indicación como consecuencia directa o indirecta de los trabajos que se realicen.

Señalización.

La cinta de señalización de la existencia de conductores eléctricos, tendrá la calificación de

Material Aceptado.

Las cintas de identificación serán de color amarillo, marrón o verde. Las abrazaderas de agrupación de cables serán de material sintético y de color negro.

En las canalizaciones, salvo en los cruces en calzadas, se colocará una cinta de polietileno, con el anagrama de IBERDROLA. Se colocarán a lo largo de la canalización, en número y distribución, según lo indicado en el proyecto.

Los cables deben estar perfectamente identificados en las celdas o cuadros de maniobra.

Cuando la señal colocada en las celdas o en los cuadros de maniobra no pueda identificar al mismo tiempo, al cable y al elemento de maniobra, se colocarán dos señales SILSAT idénticas, una en el elemento de maniobra y la otra en el cable.

En aquellos casos que sea necesario identificar el cable a lo largo de su trazado, bien sea para diferenciarlo de otros cables o para indicar la propiedad del mismo, se utilizará una señal SILSAT con el texto apropiado a cada caso. Esta identificación es fija y debe permanecer invariable, a pesar de los posibles cambios de esquema, por lo que no deberá estar relacionada con la información derivada de los extremos del cable.

La colocación de las señales autoadhesivas se hará de acuerdo con los criterios establecidos en las normas de la compañía suministradora.

Identificación.

La identificación de las líneas subterráneas de AT se hará mediante señales autoadhesivas SILSAT que se instalarán en las celdas o cuadros de maniobra, en los enlaces con líneas aéreas y en los cables. Estas señales serán de color azul y con los textos serigrafiados en blanco, de dimensiones 105x37 mm, las características restantes serán las especificadas en la NI 29.05.04.

Estas señales estarán divididas en dos partes por medio de una raya blanca de trazo continuo y de 0,4 mm de ancho. La parte superior contendrá los datos de identificación correspondientes al lugar de procedencia o destino y la parte inferior se destinará a la identificación de línea.

La información de una señal SILSAT responderá a lo siguiente :

- Identificación del lugar de procedencia o destino con los datos siguientes: o Tipo de instalación, según las abreviaturas establecidas en la tabla 1. O N° de la instalación que constará de 4 ó 5 dígitos tal como se fija en la tabla 1. o Denominación de la instalación.

- Identificación de la línea, de acuerdo con las normas de la Compañía

Suministradora.

4.6.-Normas generales para la ejecución de las instalaciones.

Las instalaciones de L.S.M., se realizarán dando cumplimiento a lo especificado en la

Reglamentación vigente. Al no existir un Reglamento específico sobre Líneas Subterráneas, se ha tenido en cuenta todas las especificaciones relativas a Instalaciones Subterráneas de MT contenida en los Reglamentos siguientes:

- Reglamento Técnico de Líneas Aéreas de Alta Tensión, aprobado por Decreto 3.151/1968 de 28-11-68, y publicado en el B.O.E. del 27-12-68.

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación y las Instrucciones Técnicas Complementarias aprobadas por Decreto 12.224/1984, y publicado en el B.O.E. 1-8-84.

A los efectos de Autorizaciones Administrativas de Declaración en Concreto de Utilidad

Pública y ocupaciones de terreno e imposición de servidumbres, se aplicará lo previsto en la Ley 54/1997 del 27 de noviembre del Sector Eléctrico en todo aquello en que esté en vigor, y en aquellos puntos que no estén desarrollados, lo establecido en la Ley 10/1966 de 18 de marzo sobre Expropiación Forzosa y sanciones en materia de instalaciones eléctricas, y en el Reglamento para su aplicación, aprobado por Decreto 2.619/1966 de 20 de octubre, publicado en el B.O.E. número 254 del mismo año.

Las derivaciones de estas redes serán realizadas desde celdas de derivación situadas en Centros de Transformación o desde líneas aéreas.

La caída de tensión máxima admisible se regirá por los mismos criterios establecidos para las líneas aéreas. Igualmente se tendrá en cuenta lo indicado en dicho apartado, en cuanto a la selección desde el punto de vista de pérdidas.

Cuando se trate de líneas que vayan a constituir una red en anillo, en todas ellas se mantendrá una sección constante.

En este Pliego se establece un solo tipo de línea subterránea con cables unipolares con conductores de aluminio y aislamiento seco extruido, sus características vienen fijadas por las características del aislamiento del cable.

Ejecución.

El constructor, antes de empezar los trabajos de excavación en apertura de zanjas, hará un estudio de canalización, de acuerdo con las normas municipales. Determinará las protecciones precisas, tanto de la zanja como de los pasos que sean necesarios para los accesos a los portales, comercios, garajes, etc. Decidirá las chapas de hierro que hayan de colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos. Todos los elementos de protección y señalización los tendrá dispuestos antes de dar comienzo a la obra.

Las zanjas se abrirán en terrenos de dominio público, preferentemente bajo acera.

En las zonas donde existan servicios de Iberdrola instalados con antelación a los del proyecto, las zanjas se abrirán sobre estos servicios, con objeto de que todos los de Iberdrola queden agrupados en la misma zanja.

Las dimensiones de las zanjas serán las definidas en los proyectos tipo a que hace referencia el Capítulo II de las Normas Particulares.

En los casos especiales, debidamente justificados, en que la profundidad de la colocación de los conductores sea inferior al 60% de la indicada en el proyecto, se protegerán mediante tubos, conductos, chapas, etc., de adecuada resistencia mecánica.

Sistemas de ejecución de Accesorios.

Para los diferentes tipos de accesorios se establecen, exclusivamente, los siguientes sistemas de ejecución:

- retráctil en frío (R).
- Deslizante (D).
- Enchufable.

En la siguiente tabla se indican los sistemas de ejecución.

Sistemas de ejecución	Empalmes	Terminales
Retráctil en frío	X	X
Deslizante		X
Enchufable		X

Tornillería de conexión.

La tornillería será de paso, diámetro y longitud indicada para cada terminal.

Estarán protegidos contra la oxidación por una protección adecuada.

Colocación de tapón para tubo.

En la boca de los tubos termoplásticos sin ocupación de cables se colocarán los tapones correspondientes, debidamente presionados en su posición tope.

Sellado de tubos.

En los tubos termoplásticos que contengan cables o en los tubos que se considere necesario por su proximidad de tuberías de agua, saneamientos o similares, se taponarán sus bocas con espuma poliuretano o cualquier otro procedimiento autorizado por Iberdrola. Se seguirá, en cualquier caso, las instrucciones dadas por el fabricante.

Encañado de líneas:

Pruebas eléctricas.

Antes de ser conectado a la red, el cable se someterá a las verificaciones necesarias para detectar los posibles daños producidos durante la manipulación del cable y accesorios

Se comprobará la continuidad y orden de fases.

Se verificará la continuidad de la pantalla metálica.

Se realizarán los ensayos dieléctricos de la cubierta y , en su caso, del aislamiento.

Canalizaciones Directamente enterradas.

Estas canalizaciones de líneas subterráneas, deberán proyectarse teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- La canalización discurrirá por terrenos de dominio público bajo acera, no admitiéndose su instalación bajo la calzada excepto en los cruces, y evitando siempre los ángulos pronunciados.

- El radio de curvatura después de colocado el cable será como mínimo, 15 veces el diámetro.

Los radios de curvatura en operaciones de tendido será superior a 20 veces su diámetro.

- Los cruces de calzadas serán perpendiculares al eje de la calzada o vial, procurando evitarlos, si es posible sin perjuicio del estudio económico de la instalación en proyecto, y si el terreno lo permite. Deberán cumplir las especificaciones del apartado 9.3.

Los cables se alojarán en zanjas de 0,8 m de profundidad mínima y una anchura mínima de 0,35 m que, además de permitir las operaciones de apertura y tendido, cumple con las condiciones de paralelismo, cuando lo haya.

El lecho de la zanja debe ser liso y estar libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc.

En el mismo se colocará una capa de arena de mina o de río lavada, limpia y suelta, exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, y el tamaño del grano estará comprendido entre 0,2 y 3 mm, de un espesor de 0,10 m, sobre la que se depositará el cable o cables a instalar. Encima irá otra capa de arena de idénticas características con un espesor mínimo de 0,10 m, y sobre ésta se instalará una protección mecánica a todo lo largo del trazado del cable, esta protección estará constituida por un tubo de plástico cuando existan 1 ó 2 líneas, y por un tubo y una placa cubrecables cuando el número de líneas sea mayor, las características de las placas cubrecables serán las establecidas en las NI 52.95.01. Las dos capas de arena cubrirán la anchura total de la zanja teniendo en cuenta que entre los laterales y los cables se mantenga una distancia de unos 0,10 m.

A continuación se tenderá una capa de tierra procedente de la excavación y con tierras de préstamo de, arena, todo-uno o zahorras, de 0,25 m de espesor, apisonada por medios manuales. Se cuidará que esta capa de tierra esté exenta de piedras o cascotes. Sobre esta capa de tierra, y a una distancia mínima del suelo de 0,10 m y 0,30 m de la parte superior del cable se colocará una cinta de señalización como advertencia de la presencia de cables eléctricos, las características, color, etc., de esta cinta serán las establecidas en las normas de la Cia. Suministradora (NI 29.00.01.).

El tubo de 160 mm \varnothing que se instalará como protección mecánica, podrá utilizarse, cuando sea necesario, como conducto para cables de control, red multimedia e incluso para otra línea de MT.

A continuación se terminará de rellenar la zanja con tierra procedente de la excavación y con tierras de préstamo de, arena, todo-uno o zahorras, debiendo de utilizar para su apisonado y compactación medios mecánicos. Después se colocará una capa de tierra vegetal o un firme de hormigón de H125 de unos 0,12 m de espesor y por último se repondrá el pavimento a ser posible del mismo tipo y calidad del que existía antes de realizar la apertura.

Canalización entubada.

Estarán constituidos por tubos plásticos, dispuestos sobre lecho de arena y debidamente enterrados en zanja. Las características de estos tubos serán las establecidas en las normas de la Cia. Suministradora (NI 52.95.03.).

En cada uno de los tubos se instalará un solo circuito. Se evitará en lo posible los cambios de dirección de los tubulares. En los puntos donde estos se produzcan, se dispondrán preferentemente de calas de tiro y excepcionalmente arquetas ciegas, para facilitar la manipulación.

La zanja tendrá una anchura mínima de 0,35 m para la colocación de dos tubos de 160mm \varnothing aumentando la anchura en función del número de tubos a instalar. En las líneas de 20 Kv con cables de 400 mm² de sección y las líneas de 30 Kv (150, 240 y 400 mm² de sección) se colocarán tubos de 200 mm \varnothing , y se instalarán las tres fases por un solo tubo.

Cuando se considere necesario instalar tubo para los cables de control, se instalará un tubo más de red de 160 mm \varnothing destinado a este fin.

Los tubos podrán ir colocados en uno, dos o tres planos.

En el fondo de la zanja y en toda la extensión se colocará una solera de limpieza de 0,05m de espesor de arena, sobre la que se depositarán los tubos dispuestos por planos. A continuación se colocará otra capa de arena con un espesor de 0.10 m por encima de los tubos y envolviéndolos completamente.

Y por último, se hace el relleno de la zanja, dejando libre el firme y el espesor del pavimento, para este relleno se utilizará todo-uno, zahorra o arena.

Después se colocará una capa de tierra vegetal o un firme de hormigón de H125 de unos 0,12 m de espesor y por último se repondrá el pavimento a ser posible del mismo tipo y calidad del que existía antes de realizar la apertura.

Condiciones generales para cruzamientos y paralelismos.

La zanja tendrá una anchura mínima de 0,35 m para la colocación de dos tubos rectos de 160 mm \varnothing aumentando la anchura en función del número de tubos a instalar. En las líneas de 20 Kv con cables de 400 mm² de sección y las líneas de 30 Kv (150, 240 y 400 mm² de sección) se colocarán tubos de 200 mm \varnothing , y se instalarán las tres fases por un solo tubo.

Los tubos podrán ir colocados en uno, dos o tres planos.

La profundidad de la zanja dependerá del número de tubos, pero será la suficiente para que los situados en el plano superior queden a una profundidad aproximada de 0,60 m, tomada desde la rasante del terreno a la parte inferior del tubo (véase en planos).

En los casos de tubos de distintos tamaños, se colocarán de forma que los de mayor diámetro ocupen el plano inferior y los laterales.

En el fondo de la zanja y en toda la extensión se colocará una solera de limpieza de 0,05 m de espesor de hormigón H 125, sobre la que se depositarán los tubos dispuestos por planos. A continuación se colocará otra capa de hormigón H 125 con un espesor de 0,10 m por encima de los tubos y envolviéndolos completamente.

Y por último, se hace el relleno de la zanja, dejando libre el espesor del pavimento, para este relleno se utilizará hormigón H 125, en las canalizaciones que no lo exijan las Ordenanzas Municipales la zona de relleno será de todo-uno o zahorra.

Después se colocará un firme de hormigón de H125 de unos 0,30 m de espesor y por último se repondrá el pavimento a ser posible del mismo tipo y calidad del que existía antes de realizar la apertura.

Para cruzar zonas en las que no sea posible o suponga graves inconvenientes y dificultades la apertura de zanjas (cruces de ferrocarriles, carreteras con gran densidad de circulación, etc.), pueden utilizarse máquinas perforadoras "topos" de tipo impacto, hincadora de tuberías o taladradora de barrena, en estos casos se prescindirá del diseño de zanja descrito anteriormente puesto que se utiliza el proceso de perforación que se considere más adecuado.

Su instalación precisa zonas amplias despejadas a ambos lados del obstáculo a atravesar para la ubicación de la maquinaria, por lo que no debemos considerar este método como aplicable de forma habitual, dada su complejidad.

Cruzamientos.

A continuación se fijan, para cada uno de los casos indicados, las condiciones a que deben responder los cruzamientos de cables subterráneos.

-Con calles, caminos y carreteras. O En los cruces de calzada, carreteras, caminos, etc., deberán seguirse las instrucciones fijadas en el apartado 9.3 para canalizaciones entubadas.

Los tubos irán a una profundidad mínima de 0,80 m. Siempre que sea posible el cruce se hará perpendicular al eje del vial. El número mínimo de tubos, será de tres y en caso de varios líneas, será preciso disponer como mínimo de un tubo de reserva.

-Con ferrocarriles.

O Se considerará como caso especial el cruzamiento con Ferrocarriles y cuyos detalles se dan a título orientativo en el plano nº 11. Los cables se colocarán tal como se especifica en el apartado 9.3, para canalizaciones entubadas, cuidando que los tubos queden perpendiculares a la vía siempre que sea posible, y a una profundidad mínima de 1,3 m respecto a la cara inferior de la traviesa. Los tubos rebasarán las vías férreas en 1,5 m por cada extremo.

- Con otras conducciones de energía eléctrica.

O La distancia mínima entre cables de energía eléctrica, será de 0,25 m.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, el cable que se tienda en último lugar se separará mediante tubo o divisorias constituidas por materiales incombustibles y de adecuada resistencia mecánica. Las características serán las establecidas en las normas de la Cia. Suministradora (NI52.95.01) La distancia del punto de cruce a empalmes será superior a 1 m.

-Con cables de telecomunicación.

O La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,25 m. En el caso de no poder respetar esta distancia,

la canalización que se tienda en último lugar, se separará mediante tubos, conductos o divisorias constituidas por materiales incombustibles y de adecuada resistencia mecánica. Las características serán las establecidas en las normas de la Cia. Suministradora (NI52.95.01.) La distancia del punto de cruce a empalmes, tanto en el cable de energía como en el de comunicación, será superior a 1m.

-Con canalizaciones de agua y gas.

Los cables se mantendrán a una distancia mínima de estas canalizaciones de 0,25 m.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, la canalización que se tienda en último lugar se separará mediante tubos o placa separadora constituidas por materiales incombustibles y de adecuada resistencia mecánica, las características serán las establecidas en las normas de la Cia. Suministradora (NI 52.95.01.) Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o gas, o los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia superior a 1m del punto de cruce.

- Con conducciones de alcantarillado.

Se procurará pasar los cables por encima de las alcantarillas. No se admitirá incidir en su interior. Si no es posible se pasará por debajo, disponiendo los cables con una protección de adecuada resistencia mecánica. Las características las normas de la Cia. Suministradora (NI52.95.01.)

-Con depósitos de carburante.

Los cables se dispondrán dentro de tubos o conductos de suficiente resistencia y distarán como mínimo 1,20 m del depósito. Los extremos de los tubos rebasarán al depósito en 2 m por cada extremo.

Paralelismos.

Los cables subterráneos, cualquiera que sea su forma de instalación, deberán cumplir las condiciones y distancias de proximidad que se indican a continuación, y se procurará evitar que queden en el mismo plano vertical que las demás conducciones.

-Con otros conductores de energía eléctrica.

Los cables de alta tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia no inferior a 0,25m.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, la conducción que se establezca en último lugar se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidas por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica las características están establecidas en las normas de la Cia. Suministradora (NI 52.95.01.).

-Con canalizaciones de agua y gas.

Se mantendrá una distancia mínima de 0,25m, con excepción de canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar) en que la distancia será de 1m. Cuando no puedan respetarse estas distancias, se adoptarán las siguientes medidas complementarias:

- Conducción de gas existente: se protegerá la línea eléctrica con tubo de plástico envuelto con 0,10 m de hormigón, manteniendo una distancia mínima tangencial entre servicios de 0,20 m.

- Línea eléctrica existente con conducción de gas de Alta Presión, se recubrirá la canalización del gas con manta antirroca interponiendo una barrera entre ambas canalizaciones formada con una plancha de acero; si la conducción del gas es de Media/Baja Presión se colocará entre ambos servicios una placa de protección de plástico.

Las características vienen fijadas en las normas de la Cia.

Suministradora (NI 52.95.01.).

- Si la conducción del gas es de acero, se dotará a la misma de doble revestimiento.

Derivaciones.

No se admitirán derivaciones en T y en Y.

Las derivaciones de este tipo de líneas se realizarán desde las celdas de línea situadas en centros de transformación o reparto desde líneas subterráneas haciendo entrada y salida.

Puesta a Tierra.

- Puesta a tierra de cubiertas metálicas.

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

- Pantallas.

Tanto en el caso de pantallas de cables unipolares como de cables tripolares, se conectarán las pantallas a tierra en ambos extremos

5.-Centros de transformación.

5.1.-Calidad de los materiales.

5.1.1.- Obra civil.

Las envolventes empleadas en la ejecución de este proyecto cumplirán las condiciones generales prescritas en el MIE-RAT 14, Instrucción Primera del Reglamento de Seguridad en Centrales Eléctricas, en lo referente a su inaccesibilidad, pasos y accesos, conducciones y almacenamiento de fluidos

combustibles y de agua, alcantarillado, canalizaciones, cuadros y pupitres de control, celdas, ventilación, paso de líneas y canalizaciones eléctricas a través de paredes, muros y tabiques. Señalización, sistemas contra incendios, alumbrados, primeros auxilios, pasillos de servicio y zonas de protección y documentación.

5.1.2.- Aparamenta de media tensión.

Las celdas empleadas serán prefabricadas, con envolvente metálica, y que utilicen gas para cumplir dos misiones:

Aislamiento.

El aislamiento integral en gas confiere a la aparamenta sus características de resistencia al medio ambiente, bien sea a la polución del aire, a la humedad, o incluso a la eventual sumersión del centro por efecto de riadas.

Por ello, esta característica es esencial especialmente en las zonas con alta polución, en las zonas con clima agresivo (costas marítimas y zonas húmedas) y en las zonas más expuestas a riadas o entradas de agua en el centro.

Corte.

El corte en gas resulta más seguro que el aire, debido a lo explicado para el aislamiento.

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

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

5.1.3.- Transformador de potencia.

El transformador instalado en este Centro de Transformación será trifásico, con neutro accesible en el secundario y demás características según lo indicado en la Memoria en los apartados correspondientes a potencia, tensiones primarias y secundarias, regulación en el primario, grupo de conexión, tensión de cortocircuito y protecciones propias del transformador.

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

El transformador, para mejor ventilación, estará situado en la zona de flujo natural de aire, de forma que la entrada de aire esté situada en la parte inferior de las paredes adyacentes al mismo y las salidas de aire en la zona superior de esas paredes.

5.1.4.- Equipos de media.

Este centro incorpora los dispositivos necesarios para la medida de energía al ser de abonado, por lo que se instalarán en el centro los equipos con características correspondientes al tipo de medida prescrito por la compañía suministradora.

Los equipos empleados corresponderán exactamente con las características indicadas en la Memoria tanto para los equipos montados en la celda de medida (transformadores de tensión e intensidad) como para los montados en la caja de contadores (contadores, regleta de verificación...).

Puesta en servicio.

El personal encargado de realizar las maniobras estará debidamente autorizado y adiestrado.

Las maniobras se realizarán en el siguiente orden: primero se conectará el interruptor/seccionador de entrada, si lo hubiere. A continuación se conectará la aparamenta de conexión siguiente hasta llegar al transformador, con lo cual tendremos a éste trabajando para hacer las comprobaciones oportunas.

Una vez realizadas las maniobras de MT, procederemos a conectar la red de BT.

Separación de servicio.

Estas maniobras se ejecutarán en sentido inverso a las realizadas en la puesta en servicio y no se darán por finalizadas mientras no esté conectado el seccionador de puesta a tierra.

Mantenimiento.

Para dicho mantenimiento se tomarán las medidas oportunas para garantizar la seguridad del personal.

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

Las celdas tipo CGMcosmos de ORMAZABAL, empleadas en la instalación, no necesitan mantenimiento interior, al estar aislada su aparamenta interior en gas, evitando de esta forma el deterioro de los circuitos principales de la instalación.

5.2.-Normas de ejecución de las instalaciones.

Todos los materiales, aparatos, máquinas, y conjuntos integrados en los circuitos de instalación proyectada cumplen las normas, especificaciones técnicas, y homologaciones que le son establecidas como de obligado cumplimiento por el Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Por lo tanto, la instalación se ajustará a los planos, materiales, y calidades de dicho proyecto, salvo orden facultativa en contra.

5.3.- Pruebas reglamentarias.

Las pruebas y ensayos a que serán sometidos los equipos y/o edificios una vez terminada su fabricación serán las que establecen las normas particulares de cada producto, que se encuentran en vigor y que aparecen como normativa de obligado cumplimiento en el MIERAT 02.

5.4.-Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.

El centro deberá estar siempre perfectamente cerrado, de forma que impida el acceso de las personas ajenas al servicio.

En el interior del centro no se podrá almacenar ningún elemento que no pertenezca a la propia instalación.

Para la realización de las maniobras oportunas en el centro se utilizará banquillo, palanca de accionamiento, guantes, etc., y deberán estar siempre en perfecto estado de uso, lo que se comprobará periódicamente.

Antes de la puesta en servicio en carga del centro, se realizará una puesta en servicio en vacío para la comprobación del correcto funcionamiento de las máquinas.

Se realizarán unas comprobaciones de las resistencias de aislamiento y de tierra de los diferentes componentes de la instalación eléctrica.

Toda la instalación eléctrica debe estar correctamente señalizada y debe disponer de las advertencias e instrucciones necesarias de modo que se impidan los errores de interrupción, maniobras incorrectas, y contactos accidentales con los elementos en tensión o cualquier otro tipo de accidente.

Se colocarán las instrucciones sobre los primeros auxilios que deben presentarse en caso de accidente en un lugar perfectamente visible.

5.5.- Certificado y documentación.

Se adjuntarán, para la tramitación de este proyecto ante los organismos público competentes, las documentaciones indicadas a continuación:

- Autorización administrativa de la obra.
- Proyecto firmado por un técnico competente.
- Certificado de tensión de paso y contacto, emitido por una empresa homologada.
- Certificación de fin de obra.
- Contrato de mantenimiento.

- Conformidad por parte de la compañía suministradora.

5.6.- Libro de ordenes.

Se dispondrá en este centro de un libro de órdenes, en el que se registrarán todas las incidencias surgidas durante la vida útil del citado centro, incluyendo cada visita, revisión, etc..

ANEXO I

1.- Objeto.

El objeto de este estudio es dar cumplimiento al Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, identificando, analizando y estudiando los posibles riesgos laborales que puedan ser evitados, identificando las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos que no pueden eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos.

El Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre, establece en el apartado 2 del Artículo 4 que en los proyectos de obra no incluidos en los supuestos previstos en el apartado 1 del mismo Artículo, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un Estudio Básico de Seguridad y Salud. Los supuestos previstos son los siguientes:

- El presupuesto de Ejecución por Contrata es superior a 450.759,08 € (75 millones de pesetas).
- La duración estimada de la obra es superior a 30 días o se emplea a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- El volumen de mano de obra estimada es superior a 500 trabajadores/día.
- Es una obra de túneles, galerías, conducciones subterráneas o presas.

Al no darse ninguno de los supuestos previstos en el apartado 1 del Artículo 4 del R.D.

1627/1997 se redacta el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud. Así mismo este Estudio Básico de Seguridad y Salud da cumplimiento a la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de prevención de Riesgos Laborables en lo referente a la obligación del empresario titular de un centro de trabajo de informar y dar instrucciones adecuadas, en relación con los riesgos existentes en el centro de trabajo y las medidas de protección y prevención correspondientes.

En base a este Estudio Básico de Seguridad y al artículo 7 del R.D. 1627/1997, cada contratista elaborará un Plan de Seguridad y Salud en función de su propio sistema de ejecución de la obra y en el que se tendrán en cuenta las circunstancias particulares de los trabajos objeto del contrato.

2.-Características generales de la obra.

En este punto se analizan con carácter general, independientemente del tipo de obra, las diferentes servidumbres o servicios que se deben tener perfectamente definidas y solucionadas antes del comienzo de las obras.

2.1.- Descripción de la obra y situación.

La situación de la obra a realizar y el tipo de la misma se recoge en el documento de

Memoria del presente proyecto.

2.2.- Suministro de energía eléctrica.

El suministro de energía eléctrica provisional de obra será facilitado por la empresa constructora, proporcionando los puntos de enganche necesarios en el lugar del emplazamiento de la obra.

2.3.- Suministro de agua potable.

El suministro de agua potable será a través de las conducciones habituales de suministro en la región, zona, etc...En el caso de que esto no sea posible, dispondrán de los medios necesarios que garanticen su existencia regular desde el comienzo de la obra.

2.4.-Servicios higiénicos.

Dispondrá de servicios higiénicos suficientes y reglamentarios. Si fuera posible, las aguas fecales se conectarán a la red de alcantarillado, en caso contrario, se dispondrá de medios que faciliten su evacuación o traslado a lugares específicos destinados para ello, de modo que no se agrede al medio ambiente.

2.5.-Servidumbre y condicionantes.

No se prevén interferencias en los trabajos, puesto que si la obra civil y el montaje pueden ejecutarse por empresas diferentes, no existe coincidencia en el tiempo. No obstante, de acuerdo con el artículo 3 de R.D. 1627/1997, si interviene más de una empresa en la ejecución del proyecto, o una empresa y trabajadores autónomos, o más de un trabajador autónomo, el Promotor deberá designar un Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. Esta designación debería ser objeto de un contrato expreso.

3.-Riesgos laborales evitables completamente.

La siguiente relación de riesgos laborales que se presentan, son considerados totalmente evitables mediante la adopción de las medidas técnicas que precisen:

- Derivados de la rotura de instalaciones existentes: Neutralización de las instalaciones existentes.

- Presencia de líneas eléctricas de alta tensión aéreas o subterráneas: Corte del fluido, apantallamiento de protección, puesta a tierra y cortocircuito de los cables.

4.- Riesgos laborales no eliminables completamente.

Este apartado contiene la identificación de los riesgos laborales que no pueden ser completamente eliminados, y las medidas preventivas y protecciones técnicas que deberán adoptarse para el control y la reducción de este tipo de riesgos. La primera relación se refiere a aspectos generales que afectan a la totalidad de la obra, y las restantes, a los aspectos específicos de cada una de las fases en las que ésta puede dividirse.

4.1.- Toda la obra.

a) Riesgos más frecuentes:

- Caídas de operarios al mismo nivel.
- Caídas de operarios a distinto nivel.
- Caídas de objetos sobre operarios.
- Caídas de objetos sobre terceros.
- Choques o golpes contra objetos.
- Fuertes vientos.
- Ambientes pulvígenos.
- Trabajos en condición de humedad.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Sobreesfuerzos.

b) Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Orden y limpieza de las vías de circulación de la obra.
- Orden y limpieza de los lugares de trabajo.
- Recubrimiento, o distancia de seguridad (1m) a líneas eléctricas de B.T.
- Recubrimiento, o distancia de seguridad (3 - 5 m) a líneas eléctricas de A.T.
- Iluminación adecuada y suficiente (alumbrado de obra).
- No permanecer en el radio de acción de las máquinas.

- Puesta a tierra en cuadros, masas y máquinas sin doble aislamiento.
- Señalización de la obra (señales y carteles).
- Cintas de señalización y balizamiento a 10 m de distancia.
- Vallado del perímetro completo de la obra, resistente y de altura 2m.
- Marquesinas rígidas sobre accesos a la obra.
- Pantalla inclinada rígida sobre aceras, vías de circulación o colindantes.
- Extintor de polvo seco, de eficacia 21ª - 113B.
- Evacuación de escombros.
- Escaleras auxiliares.
- Información específica.
- Grúa parada y en posición veleta.

c) Equipos de protección individual:

- Cascos de seguridad.
- Calzado protector.
- Ropa de trabajo.
- Casquetes anti ruidos.
- Gafas de seguridad.
- Cinturones de protección.

4.2.-Movientos de tierras.

a) Riesgos más frecuentes:

- Desplomes, hundimientos y desprendimientos del terreno.
- Caídas de materiales transportados.
- Caídas de operarios al vacío.
- Atrapamientos y aplastamientos.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de máquinas.
- Ruidos, Vibraciones.

- Interferencia con instalaciones enterradas.
 - Electrocutaciones.
- b) Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Observación y vigilancia del terreno.
- Limpieza de bolos y viseras
- Achique de aguas
- Pasos o pasarelas
- Separación de tránsito de vehículos y operarios
- No acopiar junto al borde de la excavación
- No permanecer bajo el frente de excavación
- Barandillas en bordes de excavación (0,9 m)
- Acotar las zonas de acción de las máquinas
- Topes de retroceso para vertido y carga de vehículos

4.3.- MONTAJE Y PUESTA EN TENSIÓN.

4.3.1.- DESCARGA Y MONTAJE DE ELEMENTOS

a) Riesgos más frecuentes:

- Vuelco de la grúa.
- Atrapamientos contra objetos, elementos auxiliares o la propia carga.
- Precipitación de la carga.
- Proyección de partículas.
- Caídas de objetos.
- Contacto eléctrico.
- Sobreesfuerzos.
- Quemaduras o ruidos de la maquinaria.
- Choques o golpes.
- Viento excesivo.

b) Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Trayectoria de la carga señalizada y libre de obstáculos.
- Correcta disposición de los apoyos de la grúa.
- Revisión de los elementos elevadores de cargas y de sus sistemas de seguridad.
- Correcta distribución de cargas.
- Prohibición de circulación bajo cargas en suspensión.
- Trabajo dentro de los límites máximos de los elementos elevadores.
- Apantallamiento de líneas eléctricas de A.T.
- Operaciones dirigidas por el jefe de equipo.
- Flecha recogida en posición de marcha.

4.3.2.- Puesta en tensión.

a) Riesgos más frecuentes:

- Contacto eléctrico directo e indirecto en A.T. y B.T.
- Arco eléctrico en A.T. y B.T.
- Elementos candentes y quemaduras.

b) Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Coordinar con la empresa suministradora, definiendo las maniobras eléctricas a realizar.
- Apantallar los elementos de tensión.
- Enclavar los aparatos de maniobra.
- Informar de la situación en la que se encuentra la zona de trabajo y ubicación de los puntos en tensión más cercanos.
- Abrir con corte visible las posibles fuentes de tensión.

c) Protecciones individuales:

- Calzado de seguridad aislante.
- Herramientas de gran poder aislante.
- Guantes eléctricamente aislantes.

- Pantalla que proteja la zona facial.

5.- Trabajos laborales especiales.

En la siguiente relación no exhaustiva se tienen aquellos trabajos que implican riesgos especiales para la seguridad y la salud de los trabajadores, estando incluidos en el Anexo II del R.D. 1627/97.

- Graves caídas de altura, sepultamientos y hundimientos.
- En proximidad de líneas eléctricas de alta tensión, se debe señalar y respetar la distancia de seguridad (5 m) y llevar el calzado de seguridad.
- Exposición a riesgo de ahogamiento por inmersión.
- Uso de explosivos.
- Montaje y desmontaje de elementos prefabricados pesados.
- Tendido e instalación de conductores eléctricos

6.- Instalaciones provisionales y asistencia sanitarias.

La obra dispondrá de los servicios higiénicos que se indican en el R.D. 1627/97 tales como vestuarios con asientos y taquillas individuales provistas de llave, lavabos con agua fría, caliente y espejo, duchas y retretes, teniendo en cuenta la utilización de los servicios higiénicos de forma no simultánea en caso de haber operarios de distintos sexos.

De acuerdo con el apartado A 3 del Anexo VI del R.D. 486/97, la obra dispondrá de un botiquín portátil debidamente señalado y de fácil acceso, con los medios necesarios para los primeros auxilios en caso de accidente y estará a cargo de él una persona capacitada designada por la empresa constructora.

La dirección de la obra acreditará la adecuada formación del personal de la obra en materia de prevención y primeros auxilios. Así como la de un Plan de emergencia para atención del personal en caso de accidente y la contratación de los servicios asistenciales adecuados (Asistencia primaria y asistencia especializada)

7.- Previsiones para trabajos posteriores.

El apartado 3 del artículo 6 del R.D. 1627/1997, establece que en el Estudio Básico se contemplarán también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

En el Proyecto de Ejecución se han especificado una serie de elementos que han sido previstos para facilitar las futuras labores de mantenimiento y reparación del edificio en condiciones de seguridad y salud, y que una vez colocados, también servirán para la seguridad durante el desarrollo de las obras.

Los elementos que se detallan a continuación son los previstos a tal fin:

- Ganchos de servicio.
- Elementos de acceso a cubierta (puertas, trampillas)
- Barandilla en cubiertas planas.
- Grúas desplazables para limpieza de fachada.
- Ganchos de ménsula (pescantes)
- Pasarelas de limpieza.

8.-Normas de seguridad aplicables en la obra.

- Ley 31/ 1.995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 485/1.997 de 14 de abril, sobre Señalización de seguridad en el trabajo.
- Real Decreto 486/1.997 de 14 de abril, sobre Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1.997 de 14 de abril, sobre Manipulación de cargas.
- Real Decreto 773/1.997 de 30 de mayo, sobre Utilización de Equipos de Protección Individual.
- Real Decreto 39/1.997 de 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 1215/1.997 de 18 de julio, sobre Utilización de Equipos de Trabajo.
- Real Decreto 1627/1.997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Estatuto de los Trabajadores (Ley 8/1.980, Ley 32/1.984, Ley 11/1.994).
- Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica (O.M. 28-08-70, O.M. 28-07-77, O.M. 4-07-83, en los títulos no derogados).

ANEXO II

1.- Objeto.

El objeto de este estudio es dar cumplimiento al Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, identificando, analizando y estudiando los posibles riesgos laborales que puedan ser evitados, identificando las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos que no pueden eliminarse,

especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos.

El Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre, establece en el apartado 2 del Artículo 4 que en los proyectos de obra no incluidos en los supuestos previstos en el apartado 1 del mismo Artículo, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un Estudio Básico de Seguridad y Salud. Los supuestos previstos son los siguientes:

- El presupuesto de Ejecución por Contrata es superior a 450.759,08 € (75 millones de pesetas).
- La duración estimada de la obra es superior a 30 días o se emplea a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- El volumen de mano de obra estimada es superior a 500 trabajadores/día.
- Es una obra de túneles, galerías, conducciones subterráneas o presas.

Al no darse ninguno de los supuestos previstos en el apartado 1 del Artículo 4 del R.D. 1627/1997 se redacta el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud.

Así mismo este Estudio Básico de Seguridad y Salud da cumplimiento a la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de prevención de Riesgos Laborales en lo referente a la obligación del empresario titular de un centro de trabajo de informar y dar instrucciones adecuadas, en relación con los riesgos existentes en el centro de trabajo y las medidas de protección y prevención correspondientes.

En base a este Estudio Básico de Seguridad y al artículo 7 del R.D. 1627/1997, cada contratista elaborará un Plan de Seguridad y Salud en función de su propio sistema de ejecución de la obra y en el que se tendrán en cuenta las circunstancias particulares de los trabajos objeto del contrato.

2.-Características generales de la obra.

En este punto se analizan con carácter general, independientemente del tipo de obra, las diferentes servidumbres o servicios que se deben tener perfectamente definidas y solucionadas antes del comienzo de las obras.

2.1.- Descripción de la obra y situación

La situación de la obra a realizar y el tipo de la misma se recoge en el documento de Memoria del presente proyecto.

2.2.- Suministro de energía eléctrica.

El suministro de energía eléctrica provisional de obra será facilitado por la empresa constructora, proporcionando los puntos de enganche necesarios en el lugar del emplazamiento de la obra.

2.3.- Suministro de agua potable.

El suministro de agua potable será a través de las conducciones habituales de suministro en la región, zona, etc....En el caso de que esto no sea posible, dispondrán de los medios necesarios que garanticen su existencia regular desde el comienzo de la obra.

2.4.- Servicios higiénicos.

Dispondrá de servicios higiénicos suficientes y reglamentarios. Si fuera posible, las aguas fecales se conectarán a la red de alcantarillado, en caso contrario, se dispondrá de medios que faciliten su evacuación o traslado a lugares específicos destinados para ello, de modo que no se agrede al medio ambiente.

2.5.- Servidumbre y condicionantes.

No se prevén interferencias en los trabajos, puesto que si la obra civil y el montaje pueden ejecutarse por empresas diferentes, no existe coincidencia en el tiempo. No obstante, de acuerdo con el artículo 3 de R.D. 1627/1997, si interviene más de una empresa en la ejecución del proyecto, o una empresa y trabajadores autónomos, o más de un trabajador autónomo, el Promotor deberá designar un Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. Esta designación debería ser objeto de un contrato expreso.

3.- Riesgos laborales evitables completamente.

La siguiente relación de riesgos laborales que se presentan, son considerados totalmente evitables mediante la adopción de las medidas técnicas que precisen:

- Derivados de la rotura de instalaciones existentes: Neutralización de las instalaciones existentes.
- Presencia de líneas eléctricas de alta tensión aéreas o subterráneas: Corte del fluido, apantallamiento de protección, puesta a tierra y cortocircuito de los cables.

4.- Riesgos laborables no eliminables completamente.

Este apartado contiene la identificación de los riesgos laborales que no pueden ser completamente eliminados, y las medidas preventivas y protecciones técnicas que deberán adoptarse para el control y la reducción de este tipo de riesgos. La primera relación se refiere a aspectos generales que afectan a la totalidad de la obra, y las restantes, a los aspectos específicos de cada una de las fases en las que ésta puede dividirse.

4.1.-TODA LA OBRA.

a) Riesgos más frecuentes:

- Caídas de operarios al mismo nivel.
- Caídas de operarios a distinto nivel.
- Caídas de objetos sobre operarios.

- Caídas de objetos sobre terceros.
- Choques o golpes contra objetos.
- Fuertes vientos.
- Ambientes pulvígenos.
- Trabajos en condición de humedad.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Cuerpos extraños en los ojos.

Sobreesfuerzos.

b) Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Orden y limpieza de las vías de circulación de la obra.
- Orden y limpieza de los lugares de trabajo.
- Recubrimiento, o distancia de seguridad (1m) a líneas eléctricas de B.T.
- Recubrimiento, o distancia de seguridad (3 - 5 m) a líneas eléctricas de A.T.
- Iluminación adecuada y suficiente (alumbrado de obra).
- No permanecer en el radio de acción de las máquinas.
- Puesta a tierra en cuadros, masas y máquinas sin doble aislamiento.
- Señalización de la obra (señales y carteles).
- Cintas de señalización y balizamiento a 10 m de distancia.
- Vallado del perímetro completo de la obra, resistente y de altura 2m.
- Marquesinas rígidas sobre accesos a la obra.
- Pantalla inclinada rígida sobre aceras, vías de circulación o colindantes.
- Extintor de polvo seco, de eficacia 21^a - 113B.
- Evacuación de escombros.
- Escaleras auxiliares.
- Información específica.
- Grúa parada y en posición veleta.

c) Equipos de protección individual:

- Cascos de seguridad.
- Calzado protector.
- Ropa de trabajo.
- Casquetes anti ruidos.
- Gafas de seguridad.
- Cinturones de protección.

4.2.- MOVIMIENTOS DE TIERRAS.

a) Riesgos más frecuentes:

- Desplomes, hundimientos y desprendimientos del terreno.
- Caídas de materiales transportados.
- Caídas de operarios al vacío.
- Atrapamientos y aplastamientos.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de máquinas.
- Ruidos, Vibraciones.
- Interferencia con instalaciones enterradas.
- Electrocuciiones.

b) Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Observación y vigilancia del terreno.
- Limpieza de bolos y viseras
- Achique de aguas
- Pasos o pasarelas
- Separación de tránsito de vehículos y operarios
- No acopiar junto al borde de la excavación
- No permanecer bajo el frente de excavación
- Barandillas en bordes de excavación (0,9 m)

- Acotar las zonas de acción de las máquinas
- Topes de retroceso para vertido y carga de vehículos

4.3.- Montaje y puesta en tensión.

4.3.1.- Descarga y montaje de elementos.

a) Riesgos más frecuentes:

- Vuelco de la grúa.
- Atrapamientos contra objetos, elementos auxiliares o la propia carga.
- Precipitación de la carga.
- Proyección de partículas.
- Caídas de objetos.
- Contacto eléctrico.
- Sobreesfuerzos.
- Quemaduras o ruidos de la maquinaria.
- Choques o golpes.
- Viento excesivo.

b) Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Trayectoria de la carga señalizada y libre de obstáculos.
- Correcta disposición de los apoyos de la grúa.
- Revisión de los elementos elevadores de cargas y de sus sistemas de seguridad.
- Correcta distribución de cargas.
- Prohibición de circulación bajo cargas en suspensión.
- Trabajo dentro de los límites máximos de los elementos elevadores.
- Apantallamiento de líneas eléctricas de A.T.
- Operaciones dirigidas por el jefe de equipo.
- Flecha recogida en posición de marcha.

4.3.2.-Puesta en tensión.

a) Riesgos más frecuentes:

- Contacto eléctrico directo e indirecto en A.T. y B.T.
- Arco eléctrico en A.T. y B.T.
- Elementos candentes y quemaduras.

b) Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Coordinar con la empresa suministradora, definiendo las maniobras eléctricas a realizar.
- Apantallar los elementos de tensión.
- Enclavar los aparatos de maniobra.
- Informar de la situación en la que se encuentra la zona de trabajo y ubicación de los puntos en tensión más cercanos.
- Abrir con corte visible las posibles fuentes de tensión.

c) Protecciones individuales:

- Calzado de seguridad aislante.
- Herramientas de gran poder aislante.
- Guantes eléctricamente aislantes.
- Pantalla que proteja la zona facial.

5.- Trabajos laborables especiales.

En la siguiente relación no exhaustiva se tienen aquellos trabajos que implican riesgos especiales para la seguridad y la salud de los trabajadores, estando incluidos en el Anexo II del R.D. 1627/97.

- Graves caídas de altura, sepultamientos y hundimientos.
- En proximidad de líneas eléctricas de alta tensión, se debe señalar y respetar la distancia de seguridad (5 m) y llevar el calzado de seguridad.
- Exposición a riesgo de ahogamiento por inmersión.
- Uso de explosivos.
- Montaje y desmontaje de elementos prefabricados pesados.
- Excavaciones para zanjas de conducción de red eléctrica
- Tendido e instalación de conductores eléctricos

6.- Instalaciones provisionales y asistencia sanitaria.

La obra dispondrá de los servicios higiénicos que se indican en el R.D. 1627/97 tales como vestuarios con asientos y taquillas individuales provistas de llave, lavabos con agua fría, caliente y espejo, duchas y retretes, teniendo en cuenta la utilización de los servicios higiénicos de forma no simultánea en caso de haber operarios de distintos sexos.

De acuerdo con el apartado A 3 del Anexo VI del R.D. 486/97, la obra dispondrá de un botiquín portátil debidamente señalizado y de fácil acceso, con los medios necesarios para los primeros auxilios en caso de accidente y estará a cargo de él una persona capacitada designada por la empresa constructora.

La dirección de la obra acreditará la adecuada formación del personal de la obra en materia de prevención y primeros auxilios. Así como la de un Plan de emergencia para atención del personal en caso de accidente y la contratación de los servicios asistenciales adecuados (Asistencia primaria y asistencia especializada)

7.- Previsiones para trabajos posteriores.

El apartado 3 del artículo 6 del R.D. 1627/1997, establece que en el Estudio Básico se contemplarán también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

En el Proyecto de Ejecución se han especificado una serie de elementos que han sido previstos para facilitar las futuras labores de mantenimiento y reparación del edificio en condiciones de seguridad y salud, y que una vez colocados, también servirán para la seguridad durante el desarrollo de las obras.

Los elementos que se detallan a continuación son los previstos a tal fin:

- Ganchos de servicio.
- Elementos de acceso a cubierta (puertas, trampillas)
- Barandilla en cubiertas planas.
- Grúas desplazables para limpieza de fachada.
- Ganchos de ménsula (pescantes)
- Pasarelas de limpieza.

8.- NORMAS DE SEGURIDAD APLICABLES EN LA OBRA.

- Ley 31/ 1.995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

- Real Decreto 485/1.997 de 14 de abril, sobre Señalización de seguridad en el trabajo.
- Real Decreto 486/1.997 de 14 de abril, sobre Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1.997 de 14 de abril, sobre Manipulación de cargas.
- Real Decreto 773/1.997 de 30 de mayo, sobre Utilización de Equipos de Protección Individual.
- Real Decreto 39/1.997 de 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 1215/1.997 de 18 de julio, sobre Utilización de Equipos de Trabajo.
- Real Decreto 1627/1.997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Estatuto de los Trabajadores (Ley 8/1.980, Ley 32/1.984, Ley 11/1.994).
- Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica (O.M. 28-08-70, O.M. 28 07-77, O.M. 4-07-83, en los títulos no derogados).

ANEXO III

1.- Objeto.

Dar cumplimiento a las disposiciones del R.D. 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen los requisitos mínimos de seguridad y salud en las obras de construcción, identificando, analizando y estudiando los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos que no pueden eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos.

Asimismo es objeto de este estudio de seguridad dar cumplimiento a la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales en lo referente a la obligación del empresario titular de un centro de trabajo, de informar y dar instrucciones adecuadas en relación con los riesgos existentes en el centro de trabajo y con las medidas de protección y prevención correspondientes.

2.- Características generales de la obra.

2.1.- Descripción de la obra y situación.

La situación de la obra a realizar y la descripción de la misma se recoge en la Memoria del presente proyecto.

2.2.- Suministros de energía eléctrica.

El suministro de energía eléctrica provisional de obra será facilitado por la Empresa constructora proporcionando los puntos de enganche necesarios en el lugar del emplazamiento de la obra

2.3.- Suministros de agua potable.

En caso de que el suministro de agua potable no pueda realizarse a través de las conducciones habituales, se dispondrán los medios necesarios para contar con la misma desde el principio de la obra.

2.4.- Vertido de aguas sucias de los servicios higiénicos.

Se dispondrá de servicios higiénicos suficientes y reglamentarios. Si es posible, las aguas fecales se conectarán a la red de alcantarillado existente en el lugar de las obras o en las inmediaciones.

Caso de no existir red de alcantarillado se dispondrá de un sistema que evite que las aguas fecales puedan afectar de algún modo al medio ambiente.

2.5.- Interferencias y servicios afectados.

No se prevé interferencias en los trabajos puesto que si bien la obra civil y el montaje pueden ejecutarse por empresas diferentes, no existe coincidencia en el tiempo. No obstante, si existe más de una empresa en la ejecución del proyecto deberá nombrarse un Coordinador de Seguridad y Salud integrado en la Dirección facultativa, que será quien resuelva en las mismas desde el punto de vista de Seguridad y Salud en el trabajo. La designación de este Coordinador habrá de ser sometida a la aprobación del Promotor.

En obras de ampliación y/o remodelación de instalaciones en servicio, deberá existir un coordinador de Seguridad y Salud que habrá de reunir las características descritas en el párrafo anterior, quien resolverá las interferencias, adoptando las medidas oportunas que puedan derivarse.

3.- Riesgos laborables.

Para el análisis de riesgos y medidas de prevención a adoptar, se dividen los trabajos por unidades constructivas dentro de los apartados de obra civil y montaje.

3.1.- Obra civil.

Descripción de la unidad constructiva, riesgos y medidas de prevención.

Movimiento de tierras y cimentaciones.

a) Riesgos más frecuentes

- Caídas a las zanjas.
- Desprendimientos de los bordes de los taludes de las rampas.

- Atropellos causados por la maquinaria.
- Caídas del personal, vehículos, maquinaria o materiales al fondo de la excavación.

b) Medidas de preventivas

- Controlar el avance de la excavación, eliminando bolos y viseras inestables, previniendo la posibilidad de lluvias o heladas.
- Prohibir la permanencia de personal en la proximidad de las máquinas en movimiento.
- Señalizar adecuadamente el movimiento de transporte pesado y maquinaria de obra.
- Dictar normas de actuación a los operadores de la maquinaria utilizada.
- Las cargas de los camiones no sobrepasarán los límites establecidos y reglamentarios.
- Establecer un mantenimiento correcto de la maquinaria.
- Prohibir el paso a toda persona ajena a la obra.
- Balizar, señalizar y vallar el perímetro de la obra, así como los puntos singulares en el interior de la misma.
- Establecer zonas de paso y acceso a la obra.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.
- Establecer las estribaciones en las zonas que sean necesarias.

Estructura.

a) Riesgos más frecuentes

- Caídas de altura de personas, en las fases de encofrado, desencofrado, puesta en obra del hormigón y montaje de piezas prefabricadas.
- Cortes en las manos.
- Pinchazos producidos por alambre de atar, hierros en espera, eslingas acodadas, puntas en el encofrado, etc.
- Caídas de objetos a distinto nivel (martillos, árido, etc.).
- Golpes en las manos, pies y cabeza.
- Electrocuaciones por contacto indirecto.

- Caídas al mismo nivel.
- Quemaduras químicas producidas por el cemento.
- Sobreesfuerzos.

b) Medidas preventivas

- Emplear bolsas porta-herramientas.
- Desencofrar con los útiles adecuados y procedimiento preestablecido.
- Suprimir las puntas de la madera conforme es retirada.
- Prohibir el trepado por los encofrados o permanecer en equilibrio sobre los mismos, o bien por las armaduras.
- Vigilar el izado de las cargas para que sea estable, siguiendo su trayectoria.
- Controlar el vertido del hormigón suministrado con el auxilio de la grúa, verificando el correcto cierre del cubo.
- Prohibir la circulación del personal por debajo de las cargas suspendidas.
- El vertido del hormigón en soportes se hará siempre desde plataformas móviles correctamente protegidas.
- Prever si procede la adecuada situación de las redes de protección, verificándose antes de iniciar los diversos trabajos de estructura.
- Las herramientas eléctricas portátiles serán de doble aislamiento y su conexión se efectuará mediante clavijas adecuadas a un cuadro eléctrico dotado con interruptor diferencial de alta sensibilidad.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.

Cerramientos.

a) Riesgos más frecuentes

- Caídas de altura.
- Desprendimiento de cargas-suspendidas.
- Golpes y cortes en las extremidades por objetos y herramientas.
- Los derivados del uso de medios auxiliares. (andamios, escaleras, etc.).

b) Medidas de prevención

- Señalizar las zonas de trabajo.

- Utilizar una plataforma de trabajo adecuada.
- Delimitar la zona señalizándola y evitando en lo posible el paso del personal por la vertical de los trabajos.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.

Albañilería.

a) Riesgos más frecuentes

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Proyección de partículas al cortar ladrillos con la paleta.
- Proyección de partículas en el uso de punteros y cortafríos.
- Cortes y heridas.
- Riesgos derivados de la utilización de máquinas eléctricas de mano.

b) Medidas de prevención

- Vigilar el orden y limpieza de cada uno de los tajos, estando las vías de tránsito libres de obstáculos (herramientas, materiales, escombros, etc.).
- Las zonas de trabajo tendrán una adecuada iluminación.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.
- Utilizar plataformas de trabajo adecuadas.
- Las herramientas eléctricas portátiles serán de doble aislamiento y su conexión se efectuará a un cuadro eléctrico dotado con interruptor diferencial de alta sensibilidad.

3.2.- Montaje.

Descripción de la unidad constructiva, riesgos y medidas de prevención y de protección.

Colocación de soportes y embarrados.

a) Riesgos más frecuentes

- Caídas al distinto nivel.
- Choques o golpes.
- Proyección de partículas.

- Contacto eléctrico indirecto.

b) Medidas de prevención

- Verificar que las plataformas de trabajo son las adecuadas y que dispongan de superficies de apoyo en condiciones.
- Verificar que las escaleras portátiles disponen de los elementos antideslizantes.
- Disponer de iluminación suficiente.
- Dotar de las herramientas y útiles adecuados.
- Dotar de la adecuada protección personal para trabajos mecánicos y velar por su utilización.
- Las herramientas eléctricas portátiles serán de doble aislamiento y su conexión se efectuará a un cuadro eléctrico dotado con interruptor diferencial de alta sensibilidad.

Montaje de Celdas Prefabricadas o aparata, Transformadores de potencia y Cuadros de B.T.

a) Riesgos más frecuentes

- Atrapamientos contra objetos.
- Caídas de objetos pesados.
- Esfuerzos excesivos.
- Choques o golpes.

b) Medidas de prevención

- Verificar que nadie se sitúe en la trayectoria de la carga.
- Revisar los ganchos, grilletes, etc., comprobando si son los idóneos para la carga a elevar.
- Comprobar el reparto correcto de las cargas en los distintos ramales del cable.
- Dirigir las operaciones por el jefe del equipo, dando claramente las instrucciones que serán acordes con el R.D.485/1997 de señalización.
- Dar órdenes de no circular ni permanecer debajo de las cargas suspendidas.
- Señalizar la zona en la que se manipulen las cargas.
- Verificar el buen estado de los elementos siguientes:

- Cables, poleas y tambores
- Mandos y sistemas de parada.
- Limitadores de carga y finales de carrera.
- Frenos.
- Dotar de la adecuada protección personal para manejo de cargas y velar por su utilización.
- Ajustar los trabajos estrictamente a las características de la grúa (carga máxima, longitud de la pluma, carga en punta contrapeso). A tal fin, deberá existir un cartel suficientemente visible con las cargas máximas permitidas.
- La carga será observada en todo momento durante su puesta en obra, bien por el señalista o por el enganchador.

Operaciones de puesta en tensión.

a) Riesgos más frecuentes

- Contacto eléctrico en A.T. y B.T.
- Arco eléctrico en A.T. y B.T.
- Elementos candentes.

b) Medidas de prevención

- Coordinar con la Empresa Suministradora definiendo las maniobras eléctricas necesarias.
- Abrir con corte visible o efectivo las posibles fuentes de tensión.
- Comprobar en el punto de trabajo la ausencia de tensión.
- Enclavar los aparatos de maniobra.
- Señalizar la zona de trabajo a todos los componentes de grupo de la situación en que se encuentran los puntos en tensión más cercanos.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.

4.- Aspectos generales.

La Dirección Facultativa de la obra acreditará la adecuada formación y adiestramiento del personal de la Obra en materia de Prevención y Primeros Auxilios. Así mismo, comprobará que existe un plan de emergencia para atención del personal en caso de accidente y que han sido contratados los servicios asistenciales adecuados. La dirección de estos Servicios deberá ser colocada de

forma visible en los sitios estratégicos de la obra, con indicación del número de teléfono.

5.- Botiquín de obra.

Se dispondrá en obra, en el vestuario o en la oficina, un botiquín que estará a cargo de una persona capacitada designada por la Empresa, con los medios necesarios para efectuar las curas de urgencia en caso de accidente.

6.- Normativa aplicable.

- Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales del 8 de noviembre.
- Texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social. Decreto 2.65/1974 de 30 de mayo.
- R.D. 1627/1997, de 24 de octubre. Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.
- R.D.39/1997 de 17 de enero. Reglamento de los Servicios de Prevención.
- R.D. Lugares de Trabajo.
- R.D. Equipos de Trabajo.
- R.D. Protección Individual.
- R.D. Señalización de Seguridad.
- O.G.S.H.T. Título II, Capítulo VI.

Presupuesto

1. Presupuesto Red Media Tensión.

Red de Media Tensión				
Partida	Sistema UD	Cantidad	Precio	Total €
Zanja acera				
Exacavacion zanja 0,8x1,1m	metro lineal	2000	60,15	120.300,00 €
Arena lavada cubrimiento cables	metro cubico	1500	17,30	25.950,00 €
Placa señalizacion cables	metro lineal	2000	3,15	6.300,00 €
Tubo DPN 160Ø	metro lineal	2000	16,30	32.600,00 €
Cinta señalizacion cable	metro lineal	4200	0,15	630,00 €
Relleno zanja	metro cubico	410	11,35	4.653,50 €
Compactacion terreno	horas	130	25,00	3.250,00 €
Colocacion acera	metro lineal	2000	13,45	26.900,00 €
Exacavacion cruce acera				
Zanja 0,5x1,1 m	metro lineal	150	60,15	9.022,50 €
Tubo DPN 160Ø	metro lineal	600	16,30	9.780,00 €
Hormigon	metro cubico	70	63,15	4.420,50 €
Cinta señalizacion cable	metro lineal	310	0,15	46,50 €
Relleno zanja	metro cubico	60	11,35	681,00 €
Compactacion terreno	horas	60	25,00	1.500,00 €
Cubierta asfalto	metro cubico	12	24,80	297,60 €
Material electrico				
Cable HPER 3x(1x150)mm ² Al	metro lineal	6153	11,70	71.990,10 €
Cinta aislante colores	UD	40	0,80	32,00 €
Cinta vulcanizada	UD	10	3,20	32,00 €
Terminales 150mm ²	UD	42	11,15	468,30 €
Operarios	horas	200	18,00	3.600,00 €
Medicion Radar comprobacion cables				
Comprobacion radar	UD	1	2750	2.750,00 €
Preparacion medicion	UD	1	300	300,00 €
Señalizacion zona trabajo	UD	1	300	300,00 €
Total				325.804,00 €

2. Presupuesto Red Baja Tensión.

Red de Baja Tensión				
Partida	Sistema UD	Cantidad	Precio Unidatario	Total €
Zanja acera				
Exacavacion zanja 0,8x1,1m	metro lineal	8220	60,15	494.433,00 €
Arena lavada cubrimiento cables	metro cubico	5500	17,30	95.150,00 €
Placa señalizacion cables	metro lineal	8220	3,15	25.893,00 €
Tubo DPN 160Ø	metro lineal	8220	16,30	133.986,00 €
Cinta señalizacion cable	metro lineal	16300	0,15	2.445,00 €
Relleno zanja	metro cubico	1230	11,35	13.960,50 €
Compactacion terreno	horas	170	25,00	4.250,00 €
Colocacion acera	metro lineal	8220	13,45	110.559,00 €
Exacavacion cruce acera				
Zanja 0,5x1,1 m	metro lineal	190	60,15	11.428,50 €
Tubo DPN 160Ø	metro lineal	820	16,30	13.366,00 €
Hormigon	metro cubico	85	63,15	5.367,75 €
Cinta señalizacion cable	metro lineal	510	0,15	76,50 €
Relleno zanja	metro cubico	70	11,35	794,50 €
Compactacion terreno	horas	57	25,00	1.425,00 €
Cubierta asfalto	metro cubico	14	24,80	347,20 €
Material electrico				
Cable XZ1 0,6/1 KV 3x(1x240)mm ² Al	metro lineal	5400	18,45	99.630,00 €
Cable XZ1 0,6/1 KV 3x(1x150)mm ² Al	metro lineal	21600	12,35	266.760,00 €
Cinta aislante colores	UD	250	0,80	200,00 €
Cinta vulcanizada	UD	80	3,20	256,00 €
Terminales 240mm ²	UD	330	15,40	5.082,00 €
Terminales 150mm ²	UD	1000	11,15	11.150,00 €
Peana hormigon		250	20,80	5.200,00 €
CGP		250	15,30	3.825,00 €
Fusibles gG 160 A		10	19,50	195,00 €
Fusibles gG 200 A		23	25,15	578,45 €
Fusibles gG 250 A		23	32,10	738,30 €
Operarios	horas	1500	20,00	30.000,00 €
Total				1.337.096,70 €

3. Presupuesto centro de transformación y reparto.

Centro de Transformacion y reparto			
Partida	Cantidad	Precio	Total €
OBRA CIVIL			
Edificio de Transformación: PFU-4	1	8400	8.400,00 €
EQUIPO DE MEDIA TENSIÓN			
Entrada / Salida 1: CGMCOSMOS-L Interruptor-seccionador	1	6212,50	6.212,50 €
Entrada / Salida 2: CGMCOSMOS-L Interruptor-seccionador	1	6212,50	6.212,50 €
Protección Transformador 1: CGMCOSMOS-P Protección fusibles	1	3500,00	3.500,00 €
Puentes MT Transformador 1: Cables MT 12/20 kV	1	1175,00	1.175,00 €
TRANSFORMADOR			
Transformador 1: Transformador aceite 24 kV	1	8750,00	8.750,00 €
EQUIPO DE BAJA TENSIÓN			
Cuadros BT - B2 Transformador 1: CBTO	1	2975,00	2.975,00 €
Puentes BT - B2 Transformador 1: Puentes transformador-cuadro	1	1200,00	1.200,00 €
RED DE TIERRAS			
Tierras Exteriores Prot Transformación: Anillo rectangular	1	1285,00	1.285,00 €
Tierras Exteriores Serv Transformación: Picas alineadas	1	1250,00	1.250,00 €
Tierras Interiores Prot Transformación: Instalación interior tierras	1	925,00	925,00 €
Tierras Interiores Serv Transformación: Instalación interior tierras	1	925,00	925,00 €
VARIOS			
Defensa de Transformador 1: Protección física transformador	1	500,00	500,00 €
Equipo de Protección y Control: ekorUCT - Unidad Compacta de Telemando	1	8500,00	8.500,00 €
Iluminación Edificio de Transformación: Equipo de iluminación	1	600,00	600,00 €
Maniobra de Transformación: Equipo de seguridad y maniobra	1	700,00	700,00 €
Total			53.110,00 €

4. Presupuesto centro de transformación y Miniblock.

Centro de Transformacion miniblock			
Partida	Cantidad	Precio	Total €
EQUIPO DE MEDIA TENSIÓN			
Edificio de Transformación: miniBLOK	4	399.350,00 €	399.350,00 €
E/S1,E/S2,PT1: CGMCOSMOS-2LP	4		
Puentes MT Transformador 1: Cables MT 12/20 kV	4		
Transformador 1: Transformador aceite 24 kV	4		
Cuadros BT - B2 Transformador 1: CBTO	4		
Puentes BT - B2 Transformador 1: Puentes transformador-cuadro	4		
RED DE TIERRAS			
Tierras Exteriores Prot Transformación: Anillo rectangular	1	1.128,00 €	1.285,00 €
Tierras Exteriores Serv Transformación: Picas alineadas	1	940,00 €	940,00 €
VARIOS			
Iluminación Edificio de Transformación: Equipo de iluminación	1	420,00 €	420,00 €
Maniobra de Transformación: Equipo de seguridad y maniobra	1	700,00 €	700,00 €
Total			402.695,00 €

5. Presupuesto Total.

Partida	Precio €
Red de Media Tensión	325.804,00 €
Red de Baja Tensión	1.337.096,70 €
Centro de Transformacion y reparto	53.110,00 €
Centro de Transformacion y reparto	402.695,00 €
Subtotal 1	2.118.705,70 €
Imprevistos 15%	317.805,86 €
Ingeniero 7%	148.309,40 €
Subtotal 2	2.584.820,95 €
IVA 21%	542.812,40 €
Total	3.127.633,35 €