

ANEJO Nº 16: INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN ALTA TENSIÓN

ANEJO:

DE LÍNEA AÉREO-SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN A 13,2 KV Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADO DE HORMIGÓN DE SUPERFICIE DE 2 X 1.600 KVA, PARA SUMINISTRO EN BAJA TENSIÓN A BOMBEO EN EL T.M. DE ASTUDILLO Y TM DE MELGAR DE YUSO (PALENCIA).

EMPLAZAMIENTO

POL 11, PARCELA 36

MELGAR DE YUSO (PALENCIA)

PROMOTOR

SOCIEDAD ESTATAL DE INFRAESTRUCTURAS

AGRARIAS S.A (SEIASA)

TITULAR:

COMUNIDAD DE REGANTES DEL CANAL DE PISUERGA

CIF: G 34129817

1. ANTECEDENTES	1
2. OBJETO	1
3. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES.	1
4. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES	3
5. LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN	6
6. MATERIALES.	9
6.1 CONDUCTOR	9
6.2 NIVEL DE AISLAMIENTO Y FIJACIÓN DE LAS CADENAS	10
6.3 PROTECCIONES	10
7 APOYOS	11
7.1 CRUCETAS	11
7.2 CIMENTACIONES	12
7.3 SEÑALIZACIÓN DE LOS APOYOS	12
7.4 NUMERACIÓN DE LOS APOYOS	12
7.5 PUESTA A TIERRA DE LOS APOYOS	12
8. PROTECCIÓN DE LA AVIFAUNA.	13
9. LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN	14
9.1 CONDUCTOR	14
9.2 CANALIZACIÓN	15
9.3 ACCESORIOS	16
9.4 PUESTA A TIERRA	16
9.5 PROTECCIONES	16
9.5.1. PROTECCIONES CONTRA SOBREINTENSIDADES	17
9.5.2. PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO	17
9.5.3. PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES	18
10. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	18
10.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.	18
10.2.1 NECESIDADES Y POTENCIA INSTALADA EN KVA.	19
10.2.2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.	19

11. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.	22
12. TRANSFORMADORES	26
15. PUESTA A TIERRA	29
15.1 TIERRA DE PROTECCIÓN	29
15.2. TIERRA DE SERVICIO	29
15.3. TIERRAS INTERIORES	29
16. INSTALACIONES SECUNDARIAS	30
16.1 ALUMBRADO	30
16.2 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	30
16.4. MEDIDAS DE SEGURIDAD.	31
16.4. COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA Y RUIDO	32
17. MINISTERIO, ORGANISMO O CORPORACIÓN AFECTADA	32
18. DURACIÓN ESTIMADA DE LA OBRA	32
19. CONCLUSIÓN	33
APÉNDICE 1: LISTADO DE AFECTADOS	34

RESUMEN DE LAS INSTALACIONES

EMPLAZAMIENTO:

INICIO DE LÍNEA Y CT EXISTENTE: POL 502, PARCELA 53, ASTUDILLO (PALENCIA)

Ref. catastral: 34017A50200053

FIN DE LÍNEA Y CT NUEVO: POL 11, PARCELA 36, MELGAR DE YUSO (PALENCIA)

Ref. catastral: 34104A01100036

OBJETO: Alimentar nuevo centro de transformación por medio de línea aéreo subterránea para nuevo bombeo a instalar.

- **Líneas de Media Tensión:**

TENSIÓN DE SERVICIO DE LA RED DE MT: 13,2/20 kV

LONGITUD LÍNEA AÉREA MT PROYECTADA: 1.262 m

CONDUCTOR AÉREO PROYECTADO: 100-AL1/17ST1A

LONGITUD RED SUBTERRÁNEA MT PROYECTADA:

Tramo 1 (inicial) : 40 m

Tramo 2 (final) : 80 m

CABLE PROYECTADO: HEPRZ1 de 3 x (1 x 150 mm²) en Al.

ST DE ORIGEN: FROMISTA LÍNEA DE DISTRIBUIDOR: LAMT SANTOYO

CONEXIÓN: La conexión con línea de distribuidor es existente y propiedad de SEIASA. Se realiza por medio de línea aérea existente de 2.465 m y bajada a subterráneo de 35m de longitud para acometer a celdas de CT existente.

La instalación nueva parte de celda de disyuntor a instalar en CT existente, se sale en subterráneo en tramo 1 de LSMT hasta primer apoyo de la línea aérea a construir, y desde el último apoyo de esta hasta el CT nuevo se va con tramo 2 de LSMT

- **Centro de Transformación nuevo:**

TIPO CT: EDIFICIO PREFABRICADO SUPERFICIE

POTENCIA: 2 x 1.600 KVA.

DISEÑO CELDAS: L+2 D

RESUMEN USUARIOS AFECTADOS: En tabla anexa

1. ANTECEDENTES

El Promotor de las Instalaciones es SOCIEDAD ESTATAL DE INFRAESTRUCTURAS AGRARIAS (SEIASA S.A.), siendo la titularidad de las Instalaciones de la Comunidad de regantes del Canal de Pisuerga, con C.I.F. G-34129817 y domicilio a efectos de comunicación en la calle Nueva, Nº10 de Astudillo 34450 Palencia.

El titular dispone de una nave destinada a bombeo de agua para riego en el T.M. de Astudillo (Valladolid). El suministro eléctrico de dicha Planta se realiza actualmente ya en Alta Tensión, sin embargo, en previsión de futuras ampliaciones, nuestro Cliente desea construir un nuevo Centro de Transformación propio de 2 x 1.600 kVA para lo que necesita renovar celdas del centro de transformación actualmente existente y añadir una celda de salida hacia el nuevo centro de transformación.

Las instalaciones de Media Tensión se han proyectado buscando la seguridad para el personal y los equipos, así como una fiabilidad y regularidad del servicio, de acuerdo con las normas de la empresa I-DE-ELÉCTRICAS INTELIGENTES S.A.U.

2. OBJETO

El objeto del presente Proyecto es el establecimiento y justificación de los datos técnico-económicos relativos a la Línea Aérea y Subterránea de Media Tensión de 13,2 kV desde el Centro de Transformación existente al nuevo Centro de Transformación en edificio prefabricado de 2 x 1.600 kVA, a la renovación y ampliación de celdas en el Centro de Transformación existente, así como base genérica para la tramitación oficial (Autorización Administrativa y/o Autorización de Ejecución y/o Declaración de Utilidad pública, según protocolo en cada caso). No es objeto de este proyecto las modificaciones (si hubiera que hacerlas) en la línea aérea existente actualmente que alimenta el centro de transformación del cual partimos con esta nueva línea.

3. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES.

El presente proyecto recoge las características de los materiales, los cálculos que justifican su empleo y la forma de ejecución de las obras a realizar, dando con ello cumplimiento a las siguientes disposiciones:

- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- Real Decreto 223/2008 de 15 de Febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus ITC.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).
- Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Energía Eléctrica.
- Recomendaciones UNESA.
- Normas Tecnológicas de la Edificación NTE IER.
- Normalización Nacional. Normas UNE.
- Método de Cálculo y Proyecto de instalaciones de puesta a tierra para Centros de Transformación conectados a redes de tercera categoría, UNESA.
- Ley 10/1996, de 18 de marzo sobre Expropiación Forzosa y sanciones en materia de instalaciones eléctricas y Reglamento para su aplicación, aprobado por Decreto 2619/1966 de 20 de octubre.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, 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.

- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.
- Normas particulares de I-DE REDES ELÉCTRICAS INTELIGENTES S.A.U.

4. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

Hasta el Centro de Transformación existente actualmente que alberga un transformador de 13.2/0.69 KV de 1.250 KVA y otro de 13,2/B2 de 50 KVA para auxiliares llega una línea de 13,2 KV en subterráneo.

Esta a su vez llega por línea aérea de alta tensión (Astudillo, sector B) cuyo titular es la Comunidad de Regantes del Canal del Pisuerga y que entronca con línea aérea de alta tensión (13.2 KV) "Santoyo" de la S.T.R. "Fromista" que pertenece a la compañía distribuidora I-DE-ELÉCTRICAS INTELIGENTES S.A.U.

Las potencias de cortocircuito trifásico y monofásico que se considerarán en el punto de acometida de la línea hacia el Centro de Transformación serán las siguientes:

– Potencia máxima de cortocircuito tripolar	350,00 MVA (trifásica)
– Intensidad de cortocircuito trifásico	12,5 KA (trifásica)
– Intensidad de cortocircuito de fase a tierra	4,5 KA (monofásica)

Se pretende pasar de un consumo actual aproximado de 600 KW a uno de 2.300 KW por una ampliación de instalaciones que se va a realizar en POL 502, parcela 36 en el término municipal de Melgar de Yuso.

Para ello en el Centro de Transformación existente actualmente (pol 502, parcela 53) en local se pretende hacer un cambio de celdas para adecuarlas a la nueva situación y añadir una de interruptor automático de salida hacia la línea que alimentará el nuevo centro de transformación.

Desde la celda de salida, a través de la Línea Subterránea de Media Tensión de 13,2 KV hasta el primer apoyo a unos 40 m de la nueva línea aérea con cable 100-AL1/17-ST1A que llegará

hasta la parcela 36 y en la que hará un paso de aéreo a subterráneo de 80 m de longitud hasta llegar al nuevo CT DE 2 X 1.600 KVA.

Tanto en el primer apoyo de la línea, como en el último se dispondrá un seccionador tripolar LB de 24 KV, además de autoválvulas y terminales para la bajada a subterráneo.

Para proteger mecánicamente las bajadas se colocará un tubo de acero galvanizado, que se empotrará en la cimentación del apoyo, sobresaliendo por encima del nivel del terreno un mínimo de 2,5 m.

Los dos apoyos tienen aparatos de maniobra, por tanto, serán considerados como frecuentados con calzado para considerar sus puestas a tierra. El resto serán no frecuentados.

Tanto en la salida y llegada de la línea aérea como los dos tramos subterráneos, la línea discurrirá por terrenos propios, la línea aérea tiene en la mayor parte de su recorrido paso por fincas agrarias particulares. Se empleará una canalización enterrada bajo tubo de POLIETILENO de 160 mm de diámetro.

Se emplearán para los tramos subterráneos cables del tipo HEPR-Z1 12/20 kV 3 (1x150) mm² Al. La línea estará compuesta por tres conductores, uno por fase.

El Centro de Transformación se alojará en un edificio prefabricado de hormigón de superficie con ventilación forzada previsto para 2 transformadores de potencia de 1.600 kVA de tipo seco. La apartamenta de Media Tensión que se empleará estará formada un conjunto de celdas metálicas, autosoportantes y modulares, en el interior de cada una de las cuales se dispondrá el aparellaje que se indica en el Esquema Unifilar de Media Tensión.

Se cumplirán todas las prescripciones detalladas en el RLAT y más concretamente las relativas a profundidades mínimas, cinta de señalización de "Peligro de A.T."

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Los materiales, aunque la Tensión de servicio sea a 13,2 Kv, estarán previstos para su funcionamiento a 20 KV salvo las autoválvulas que se ajustan a su elección para la tensión existente actualmente de 13,2 KV. En el caso de transformadores, todos ellos estarán previstos para su funcionamiento a la tensión nominal primaria de 20 Kv sin más que establecer el conexionado correspondiente en el devanado primario en aquellos que hayan de funcionar inicialmente a tensiones diferentes.

En los aparatos de maniobra y protección, la intensidad de cortocircuito trifásico (simétrico) a considerar será de 16 kA (en 20 kV).

Las características generales de los materiales serán:

- Tensión nominal 12/20 kV
- Tensión más elevada 24 kV
- Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo 125 kV
- Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial 50 kV

5. LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN

5.1 . TRAZADO DE LA LÍNEA.

La línea en proyecto se inicia en Pol. 502, parcela 53 ((UTM, HUSO 30 ETRS89 (393420,4675954)) del término municipal de Astudillo (Palencia), y finalizará en Pol 11, parcela 36, (UTM, HUSO 30 ETRS89 (393588,4676935)) del término municipal de Melgar de Yuso (Palencia).

La longitud de la línea es de 1.262 m, quedando emplazada en zona B.

En su recorrido, atraviesa los términos municipales de:

- ASTUDILLO en una longitud de 944 m.
- MELGAR DE YUSO en una longitud de 318 m.

5.2 . CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS.

Cuando las circunstancias lo requieran y se necesiten efectuar Cruzamientos o Paralelismos, éstos se ajustarán a lo preceptuado en el apdo. 5 de la ITC-LAT 07 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión.

5.3. GENERALIDADES.

En ciertas situaciones especiales, como cruzamientos y paralelismos con otras líneas o con vías de comunicación o sobre zonas urbanas, y con objeto de reducir la probabilidad de accidente aumentando la seguridad de la línea, deberán cumplirse las prescripciones especiales que se detallan en este capítulo.

No será necesario adoptar disposiciones especiales en los cruces y paralelismos con cursos de agua no navegables, caminos de herradura, sendas, veredas, cañadas y cercados no edificados, salvo que estos últimos puedan exigir un aumento en la altura de los conductores.

En este caso por tratarse de terrenos de uso agrario la distancia mínima del cable al suelo será de 7 m.

A efectos de aplicación en las distancias siguientes, *Del* es la distancia de aislamiento para prevenir una descarga entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra, y *Dpp* es la distancia de aislamiento para prevenir una descarga entre conductores de fase. Sus valores están indicados en la tabla 15 de la ITC-LAT 07.

5.4. DISTANCIAS A OTRAS LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS O DE TELECOMUNICACIÓN.

5.2.1. Cruzamientos.

No aplica

5.2.2. Paralelismo entre líneas aéreas.

No aplica.

5.3. DISTANCIAS A CARRETERAS.

Para la instalación de apoyos se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Para la Red de Carreteras del Estado, la instalación se realizará preferentemente detrás de la línea límite de edificación y a una distancia a la arista exterior de la calzada superior a vez y media su altura. La línea límite de edificación es la situada a 50 m en autopistas, autovías y vías rápidas, y a 25 m en el resto de carreteras estatales.
- Para carreteras no estatales, la instalación deberá cumplir la normativa de cada CCAA.

5.3.1. Cruzamientos.

No aplica

5.3.2. Paralelismos.

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas.

En este caso irá un tramo en paralelo con carretera provincial PP-4321, lo que se respeta es una distancia de una vez y media la altura del apoyo más alto entre la línea y el borde de la carretera.

5.7. DISTANCIAS A RÍOS Y CANALES, NAVIGABLES O FLOTABLES.

No aplica

5.8. PASO POR ZONAS.

5.8.1. Bosques, árboles y masas de arbolado.

No aplica

5.8.2. Edificios, construcciones y zonas urbanas.

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas.

Se evitará el tendido de líneas eléctricas aéreas de alta tensión con conductores desnudos en terrenos que estén clasificados como suelo urbano.

No se construirán edificios e instalaciones industriales en la servidumbre de vuelo, incrementada por la siguiente distancia mínima de seguridad a ambos lados:

3,3 + Del (m) (mínimo 5 m)

Análogamente, no se construirán líneas por encima de edificios e instalaciones industriales en la franja definida anteriormente.

6. MATERIALES.

Todos los materiales serán de los tipos "aceptados" por la Cía. Suministradora de Electricidad.

El aislamiento de los materiales de la instalación estará dimensionado como mínimo para la tensión más elevada de la red (Aislamiento pleno).

Los materiales siderúrgicos serán como mínimo de acero A-42b. Estarán galvanizados por inmersión en caliente con recubrimiento de zinc de 0,61 kg/m² como mínimo, debiendo ser capaces de soportar cuatro inmersiones en una solución de SO₄ Cu al 20 % de una densidad de 1,18 a 18 °C sin que el hierro quede al descubierto o coloreado parcialmente.

6.1 CONDUCTOR

El tipo de conductor empleado en el tramo de línea objeto del presente Proyecto será el cable de aluminio-acero.

Las características de este conductor se indican en la tabla siguiente:

Designación UNE	100-AL1/17-ST1A
Sección de aluminio, mm ²	100
Sección total, mm ²	116,7
Composición	6 + 1
Diámetro de los alambres, mm ²	4,61
Diámetro aparente, mm	13,8
Carga mínima de rotura, daN	3433
Módulo de elasticidad, daN/mm ²	7900
Coefficiente de dilatación lineal, °C ⁻¹	0,0000191
Masa aproximada, kg/km	404
Resistencia eléctrica a 20°C, Ohm/km	0,2869
Densidad de corriente, A/mm ²	2,795

Las comprobaciones mecánicas se hacen con un coeficiente de seguridad de 4.

6.2 NIVEL DE AISLAMIENTO Y FIJACIÓN DE LAS CADENAS

La Línea Aérea de Media Tensión tiene una tensión nominal de utilización de 13,2 kV, a la que corresponde una tensión más elevada de 24 kV, una tensión de choque de 125 kV y de frecuencia industrial de 50 kV eficaces.

El nivel de aislamiento se determina en función de los niveles de contaminación de la zona en que se va a instalar la línea, que aparecen definidos en la CEI 815, resultando en este caso, un nivel II MEDIO.

Se emplearán aisladores poliméricos con horquilla en Y y rótula, utilizando por cadena de aisladores el tipo U70YB20 con las siguientes características:

Cadenas de amarre:

Con grapas de amarre tipo GA-2

La **cadena de suspensión** se empleará únicamente en el apoyo de entronque, para pasar el cable central por debajo de la cruceta de amarre. Se diferencian de las anteriores en el elemento de finalización de las mismas que será un elemento de suspensión de tipo GS-2.

6.3 PROTECCIONES

6.3.1. SECCIONADOR DESCONECTADOR TRIPOLAR LB

Este elemento de seccionamiento se colocará en el primer y en el último apoyo de la línea, siempre a una altura máxima de 12 m, según se puede ver en los planos adjuntos. Va equipado con ganchos de apertura en carga mediante pértigas especiales. Es del tipo SELA-U III P, para tensiones más elevadas del material de 24 Kv, intensidad de 400 A, y nivel de contaminación mínimo III.

6.3.2. PARARRAYOS

Se colocarán los 3 pararrayos por debajo de la cruceta superior del apoyo sin que sobresalga de esta. Son pararrayos con envoltura polimérica, del tipo POM-P-15/10, para tensiones de utilización de red de 13,2 kV.

Los pararrayos se unirán directamente a la PaT del apoyo empleando cable de cobre desnudo de 50 mm² lo más corto posible.

7 APOYOS

En el tramo de Línea Aérea de Media Tensión objeto del presente Proyecto se precisa la colocación de 10 apoyos.

Hay apoyos de celosía metálica para los inicios, fin de línea y los ángulos. Postes de hormigón HV para las alineaciones.

Estos apoyos responden a los requisitos exigidos en la recomendación UNESA 6704 A.

7.1 CRUCETAS

Las crucetas de los apoyos nuevos serán crucetas rectas del tipo RC2 de 1,5 1,75 y 2 m, además para los apoyos de hormigón en alineación hay tipo bóveda BP-2 de 2m.

El diseño de las crucetas y angulares responde a las exigencias de distancias entre conductores y accesorios en tensión a apoyos y elementos metálicos (ver planos adjuntos). La separación entre conductores, así como su altura sobre el terreno, son superiores a las mínimas reglamentarias.

7.2 CIMENTACIONES

Las cimentaciones estarán constituidas por un macizo de hormigón en masa tipo H-200 de dimensiones calculadas por la fórmula de Sulzberger con coeficiente de seguridad de 1,5:

$$M_f = 0,139 \cdot K \cdot a \cdot h^4 + 0,4 \cdot a^3 \cdot h \cdot 2,2 \cdot \left(0,5 - \frac{2}{3} \sqrt{1,1 \frac{h}{a \cdot 10 \cdot K}} \right)$$

El tipo de terreno donde se realizarán las cimentaciones es de tipo normal. Las características de este tipo de terrenos figuran en la tabla 10 del apartado 3.6 del RLAAAT. Se emplearán los valores detallados en el Anexo de cálculos.

7.3 SEÑALIZACIÓN DE LOS APOYOS

Todos los apoyos llevarán una placa de señalización de riesgo eléctrico TIPO CE 14, situada a una altura visible y legible desde el suelo a una distancia mínima de 2 m.

7.4 NUMERACIÓN DE LOS APOYOS

En cada apoyo se marcará el número de orden que le corresponda, de acuerdo con el criterio de origen de la línea que se ha establecido, empleando para ello placas y números de señalización.

7.5 PUESTA A TIERRA DE LOS APOYOS

Los dos apoyos de inicio y fin de línea tienen aparamenta de maniobra, por tanto serán considerados como "frecuentados con calzado".

La configuración tipo del electrodo a emplear para su utilización en el caso de líneas aéreas con apoyos frecuentados con calzado será la de un bucle perimetral con la cimentación, cuadrado, a una distancia horizontal de 1m. como mínimo, formado por conductor de cobre de

50 mm² de sección, enterrado como mínimo a 0,5 m de profundidad, al que se conectarán en cada uno de sus vértices cuatro picas de acero cobrizado de 1,5 m de longitud y 14 mm de diámetro. En todo caso la resistencia de puesta a tierra presentada por el electrodo, en ningún caso debe ser superior a 50 Ω . Si no es posible alcanzar este valor, mediante la configuración tipo, y hasta conseguir los 50 Ω , se añadirá, a dicha configuración, picas en hilera, de igual longitud, separadas 3 m entre sí.

Tendrán una configuración: CPT-LA-32/0,5

Los estudios realizados con los electrodos del MT 2.23.35, utilizando las intensidades de defecto a tierra y los tiempos de actuación de las protecciones propios de las redes de Iberdrola y para resistividades del terreno entre 200 y 1000 Ω .m, demuestran que es imposible cumplir con el valor reglamentario de la tensión de contacto si no se recurre a medidas adicionales de seguridad.

Para este MT citado, con objeto de evitar el riesgo por tensión de contacto, se considera la medida adicional de hacer una acera perimetral de hormigón a 1,2 m de la cimentación del apoyo. Embebido en el interior de dicho hormigón se instalará un mallado electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula no superior a 0,3 x 0,3 m, a una profundidad de al menos 0,1 m. Este mallado se conectará a un punto a la puesta a tierra de protección del apoyo. El esquema se representa en el documento "planos".

El resto de apoyos se consideran no frecuentados y en cálculos se justifica su configuración de puesta a tierra.

8. PROTECCIÓN DE LA AVIFAUNA.

En este caso no tenemos zona ZEPA. Independientemente de eso sí que se tiene en cuenta para evitar electrocuciones de aves:

1. Las líneas se han de construir con cadenas de aisladores, evitándose en los apoyos de alineación la disposición de los mismos en posición rígida.
2. Los apoyos con puentes, seccionadores, fusibles, transformadores de distribución, de derivación, anclaje, amarre, especiales, ángulo, fin de línea, se diseñarán de forma que se evite sobrepasar con elementos en tensión las crucetas o semicrucetas no auxiliares de los apoyos

9. LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN

9.1 CONDUCTOR

Los cables que se emplearán en el tendido de la Línea Subterránea de Media Tensión serán unipolares de aislamiento de dieléctrico seco del tipo HEPR-Z1 (AL EPROTENAX H COMPACT 12/20 kV del Fabricante PIRELLI o similar).

Las características principales de este tipo de cables son las siguientes (ver hoja de características):

Conductor:

Aluminio compacto, sección circular, clase 2 UNE 21-022

Pantalla sobre el conductor:

Capa de mezcla semiconductor aplicada por extrusión.

Aislamiento:

Mezcla a base de etileno propileno de alto módulo (HEPR)

Pantalla sobre el aislamiento:

Una capa de mezcla semiconductor pelable no metálica aplicada por extrusión, asociada a una corona de alambre y contraespira de cobre.

Cubierta:

Compuesto termoplástico a base de poliolefina y sin contenido de componentes clorados u otros contaminantes.

En nuestra instalación se emplearán cables unipolares de sección 150 mm².

Los conductores estarán debidamente protegidos contra la corrosión debida al terreno donde se instalarán, contando con la resistencia mecánica suficiente para soportar los esfuerzos a los que puedan estar sometidos.

Los tubos quedarán debidamente sellados en sus extremos con objeto de evitar la entrada de roedores y de agua.

El cable subterráneo, en el paso a subterráneo, irá protegido con un tubo de acero galvanizado, que se empotrará en la cimentación del apoyo, sobresaliendo por encima del nivel del terreno un mínimo de 2,5 m. En el tubo se alojarán las tres fases y su diámetro interior será 1,5 veces el de la terna de cables, con un mínimo de 15 cm.

9.2 CANALIZACIÓN

La canalización estará constituida por un tubo corrugado de POLIETILENO de color rojo, de 160 mm de diámetro, enterrado en una zanja de unos 35 m desde la salida de celda de interruptor automático en CT existente hasta el primer apoyo de la línea aérea y otro tramo de zanja de 78 m desde el último apoyo de la línea aérea hasta el Centro de Transformación nuevo a colocar en las proximidades de la nueva estación de bombeo que se va a construir. Las características de los tubos se ajustarán a lo establecido en la NI 52.95.03.

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.

La zanja tendrá una anchura mínima de 0,35 m. 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 HM 200, sobre la cual se depositará los tubos corrugados. A continuación se colocará otra capa de hormigón HM 200 de 0,10 m por encima del tubo, envolviéndolo completamente. Posteriormente y hasta una distancia de 0,10 m del suelo se tenderá una capa de tierra procedente de la excavación y con tierras de préstamo de arena, todo-uno o zahorras, apisonada por medios manuales. Sobre esta capa de tierra se colocará una cinta de señalización A 10 cm de profundidad como advertencia de

la presencia de cables eléctricos, y finalmente 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. La profundidad de la zanja será de cómo mínimo 1 m.

Para la entrada a CT se prevé una arqueta prefabricada de hormigón tipo AG con marco/tapa tipo B125 junto al CT para entrada y otra para facilitar la salida en BT.

En los Planos adjuntos se detalla el tipo de zanja descrito.

9.3 ACCESORIOS

Los terminales que se emplearán para la conexión de los cables en ambos extremos serán los adecuados a la naturaleza y composición de los cables, no aumentando la resistencia eléctrica de los mismos.

Se emplearán terminales enchufables acodados de conexión reforzada-contacto atornillado sin detector capacitivo tipo TEA2R/24/150sDC (contacto deslizante) para la conexión de los cables a la celda de protección y terminales de exterior tipo TES/24-R/150 (retráctil en frío) para la terminación de los cables en el paso aéreo-subterráneo.

Las características de los mismos serán las establecidas en la NI 56.80.02.

9.4 PUESTA A TIERRA

Se conectarán a tierra las pantallas y armaduras de todas las fases en cada uno de los extremos y en puntos intermedios si fuese necesario. Esto permitirá garantizar que no se produzcan tensiones inducidas en las cubiertas metálicas.

9.5 PROTECCIONES

9.5.1. 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. El final del segundo tramo de línea subterránea finaliza en celda de línea de centro de transformación que está a una distancia inferior a 200 m del inicio de este segundo tramo de línea subterránea.

9.5.2. 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.

9.5.3. PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

Los cables aislados estarán protegidos contra sobretensiones por medio de dispositivos adecuados, siendo en nuestro caso 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 RAT 12 y RAT 13, respectivamente, del Reglamento de Alta Tensión.

10. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

10.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

El centro de transformación objeto del presente proyecto será de tipo interior en prefabricado de hormigón en superficie, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envoltorio metálica según norma UNE-EN 62271-200.

La acometida al mismo será subterránea, alimentando al centro mediante una red de Media Tensión, y el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 13.2 kV y una frecuencia de 50 Hz, siendo la Compañía Eléctrica suministradora I-DE REDES ELÉCTRICAS INTELIGENTES.

*10.2 CARACTERÍSTICAS CELDAS SM6

Las celdas a emplear serán de la serie SM6 de Schneider Electric, celdas modulares de aislamiento en aire equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafluoruro de azufre como elemento de corte y extinción de arco.

Responderán en su concepción y fabricación a la definición de apartamento bajo envoltorio metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE-EN 62271-200.

Los compartimentos diferenciados serán los siguientes:

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

10.2.1 NECESIDADES Y POTENCIA INSTALADA EN KVA.

La potencia que se pretende aumentar en la instalación de baja tensión es la que lleva a que sea necesario este suministro en alta tensión, esto se justificará en el proyecto de baja tensión correspondiente.

Pero se necesita un centro de transformación de 2 x 1.600 KVA y tomando un factor de potencia de 0,9, eso nos da una potencia total instalada de 2.880 KW.

10.2.2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.

Obra Civil.

Local.

El Centro estará ubicado en una caseta independiente destinada únicamente a esta finalidad.

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón tipo M11T2L con una puerta peatonal, de dimensiones 7.900 x 2.56 y altura 3.200 mm, cuyas características se describen en esta memoria.

El acceso al C.T. estará restringido al personal de la Cía Eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento especialmente autorizado. Se dispondrá de una puerta peatonal cuyo sistema de cierre permitirá el acceso a ambos tipos de personal, teniendo en cuenta que

el primero lo hará con la llave normalizada por la Cía Eléctrica.

Características del local.

Se tratará de una construcción prefabricada de hormigón modular modelo M11T2L de KIOBET.

Las características más destacadas del prefabricado serán:

*** FACILIDAD DE INSTALACIÓN.**

La innecesaria cimentación y el montaje en fábrica permitirán asegurar una cómoda y fácil instalación.

*** MATERIAL.**

El material empleado en la fabricación de las piezas (bases, paredes y techos) es hormigón armado. Con la justa dosificación y el vibrado adecuado se conseguirán unas características óptimas de resistencia característica (superior a 250 Kg/cm² a los 28 días de su fabricación) y una perfecta impermeabilización.

*** EQUIPOTENCIALIDAD.**

La propia armadura de mallazo electrosoldado garantizará la perfecta equipotencialidad de todo el prefabricado. Como se indica en la RU 1303A, las puertas y rejillas de ventilación no estarán conectadas al sistema de equipotencial. Entre la armadura equipotencial, embebida en el hormigón, y las puertas y rejillas existirá una resistencia eléctrica superior a 10.000 ohmios (RU 1303A).

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

*** IMPERMEABILIDAD.**

Los techos estarán diseñados de tal forma que se impidan las filtraciones y la acumulación de agua sobre éstos, desaguando directamente al exterior desde su perímetro.

*** GRADOS DE PROTECCIÓN.**

Serán conformes a la UNE 20324/93 de tal forma que la parte exterior del edificio prefabricado será de IP23, excepto las rejillas de ventilación donde el grado de protección será de IP33.

Los componentes principales que formarán el edificio prefabricado son los que se indican a continuación:

*** ENVOLVENTE.**

La envolvente (base, paredes y techos) de hormigón armado se fabricará de tal manera que se cargará sobre camión como un solo bloque en la fábrica.

La envolvente estará diseñada de tal forma que se garantizará una total impermeabilidad y equipotencialidad del conjunto, así como una elevada resistencia mecánica.

En la base de la envolvente irán dispuestos, tanto en el lateral como en la solera, los orificios para la entrada de cables de Alta y Baja Tensión. Estos orificios son partes debilitadas del hormigón que se deberán romper (desde el interior del prefabricado) para realizar la acometida de cables.

*** SUELOS.**

Estarán constituidos por elementos planos prefabricados de hormigón armado apoyados en un extremo sobre unos soportes metálicos en forma de U, los cuales constituirán los huecos que permitirán la conexión de cables en las celdas. Los huecos que no queden cubiertos por las celdas o cuadros eléctricos se tapanán con unas placas fabricadas para tal efecto. En la parte frontal se dispondrán unas placas de peso reducido que permitirán el

acceso de personas a la parte inferior del prefabricado a fin de facilitar las operaciones de conexión de los cables.

*** PUERTAS Y REJILLAS DE VENTILACIÓN.**

Estarán construidas en chapa de acero galvanizado recubierta con pintura epoxy. Esta doble protección, galvanizado más pintura, las hará muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.

Las puertas estarán abisagradas para que se puedan abatir 180º hacia el exterior, y se podrán mantener en la posición de 90º con un retenedor metálico.

11. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

11. 1 CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE ALIMENTACIÓN

La red de alimentación al centro de transformación será de tipo subterráneo a una tensión de 13.2 kV y 50 Hz de frecuencia.

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

11.2 CARACTERÍSTICAS DE LA APARAMENTA DE MEDIA TENSIÓN.

*** CARACTERÍSTICAS GENERALES CELDAS SM6**

- Tensión asignada:	24 kV
- Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra:	
a frecuencia industrial (50 Hz), 1 minuto:	50 kV ef.
a impulso tipo rayo:	125 kV cresta.
- Intensidad asignada en funciones de línea:	400-630 A
- Intensidad asignada en interrup. automat.	400-630 A

- Intensidad asignada en ruptofusibles. 200 A
- Intensidad nominal admisible durante un segundo: 16 kA ef
- Valor de cresta de la intensidad nominal admisible: 40 Ka cresta, es decir, 2.5 veces la intensidad nominal admisible de corta duración.
- Grado de protección de la envolvente: IP2X / IK08
- Puesta a tierra.

El conductor de puesta a tierra estará dispuesto a todo lo largo de las celdas según UNE-EN 62271-200, y estará dimensionado para soportar la intensidad admisible de corta duración.

- Embarrado.

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

***11.3 CELDAS:**

*** CELDA DE LINEA**

Celda Schneider Electric de interruptor-seccionador gama SM6, modelo IM, de dimensiones: 375 mm. de anchura, 940 mm. de profundidad, 1.600 mm. de altura, y conteniendo:

- Juego de barras tripolar de 400 A.
- Interruptor-seccionador de corte en SF6 de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.
- Seccionador de puesta a tierra en SF6.
- Indicadores de presencia de tensión.
- Mando CIT manual.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Bornes para conexión de cable.

Estas celdas estarán preparadas para una conexión de cable seco monofásico de sección máxima de 240 mm².

*** CELDA DE PROTECCIÓN CON INTERRUPTOR AUTOMÁTICO.**

Celda Schneider Electric de protección con interruptor automático gama SM6, modelo DM1C, de dimensiones: 750 mm. de anchura, 1.220 mm. de profundidad, 1.600 mm. de altura, y conteniendo:

- Juegos de barras tripolares de 400 A para conexión superior con celdas adyacentes, de 16 kA.
- Seccionador en SF6.
- Mando CS1 manual.
- Interruptor automático de corte en SF6 (hexafluoruro de azufre) tipo Fluarc SFset, tensión de 24 kV, intensidad de 400 A, poder de corte de 16 kA, con bobina de apertura a emisión de tensión 220 V c.a., 50 Hz.
- Mando RI de actuación manual.
- 3 captadores de intensidad modelo CRa para la alimentación del relé VIP 400.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Seccionador de puesta a tierra.

- Unidad de control VIP 400, sin ninguna alimentación auxiliar, constituida por un relé electrónico y un disparador Mitop instalados en el bloque de mando del disyuntor, y unos transformadores o captadores de intensidad, montados en la toma inferior del polo.

Sus funciones serán la protección contra sobrecargas, cortocircuitos y homopolar (50-51/50N-51N).

- Enclavamiento por cerradura tipo E24 impidiendo el cierre del seccionador de puesta a tierra y el acceso al compartimento inferior de la celda en tanto que el disyuntor general B.T.

no esté abierto y enclavado. Dicho enclavamiento impedirá además el acceso al transformador si el seccionador de puesta a tierra de la celda DM1C no se ha cerrado previamente.

*** CELDA DE PROTECCIÓN CON INTERRUPTOR AUTOMÁTICO.**

Celda Schneider Electric de protección con interruptor automático gama SM6, modelo DM1C, de dimensiones: 750 mm. de anchura, 1.220 mm. de profundidad, 1.600 mm. de altura, y conteniendo:

- Juegos de barras tripolares de 400 A para conexión superior con celdas adyacentes, de 16 kA.
- Seccionador en SF6.
- Mando CS1 manual.
- Interruptor automático de corte en SF6 (hexafluoruro de azufre) tipo Fluarc SFset, tensión de 24 kV, intensidad de 400 A, poder de corte de 16 kA, con bobina de apertura a emisión de tensión 220 V c.a., 50 Hz.
- Mando RI de actuación manual.
- 3 captadores de intensidad modelo CRa para la alimentación del relé VIP 400.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Seccionador de puesta a tierra.

- Unidad de control VIP 400, sin ninguna alimentación auxiliar, constituida por un relé electrónico y un disparador Mitop instalados en el bloque de mando del disyuntor, y unos transformadores o captadores de intensidad, montados en la toma inferior del polo.

Sus funciones serán la protección contra sobrecargas, cortocircuitos y homopolar (50-51/50N-51N).

- Enclavamiento por cerradura tipo E24 impidiendo el cierre del seccionador de puesta a tierra y el acceso al compartimento inferior de la celda en tanto que el disyuntor general B.T. no esté abierto y enclavado. Dicho enclavamiento impedirá además el acceso al transformador si el seccionador de puesta a tierra de la celda DM1C no se ha cerrado previamente.

12. TRANSFORMADORES

* TRANSFORMADOR 1 Y 2

Será una máquina trifásica reductora de tensión, referencia TRIHAL1600-24, siendo la tensión entre fases a la entrada de 13.2 kV y la tensión a la salida en vacío de 420V entre fases y 242V entre fases y neutro(*).

El transformador a instalar tendrá el neutro accesible en baja tensión y refrigeración natural (AN), modelo TRIHAL de Schneider Electric, encapsulado en resina epoxy (aislamiento seco-clase F).

El transformador tendrá los bobinados de AT encapsulados y moldeados en vacío en una resina epoxi con carga activa compuesta de alúmina trihidratada, consiguiendo así un encapsulado ignifugado autoextinguible. Los bobinados en BT serán resistentes a una tensión de frecuencia industrial de 10kV.

Los arrollamientos de A.T. se realizarán con bobinado continuo de gradiente lineal sin entrecapas, con lo que se conseguirá un nivel de descargas parciales inferior o igual a 10 pC. Se exigirá en el protocolo de ensayos que figuren los resultados del ensayo de descargas parciales.

Por motivos de seguridad en el centro se exigirá que los transformadores cumplan con los ensayos climáticos definidos en el documento de armonización HD 464 S1:

- Ensayos de choque térmico (nivel C3),
- Ensayos de condensación y humedad (nivel E3),
- Ensayo de comportamiento ante el fuego (nivel F1).

No se admitirán transformadores secos que no cumplan estas especificaciones. Además se le exigirá al fabricante una garantía de 5 años si se cumplen y se certifican las condiciones de instalación indicadas por el mismo.

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a las normas UNE 21538-1, EN 50881-1 y al Reglamento Europeo (UE) 548/2014 de ecodiseño de transformadores, siendo las siguientes:

- Potencia nominal: 1600 kVA.
- Tensión nominal primaria: 13.200 V.
- Regulación en el primario: +/-2,5%, +/-5%.
- Tensión nominal secundaria en vacío: 420 V.
- Tensión de cortocircuito: 6 %.
- Grupo de conexión: Dyn11.
- Nivel de aislamiento:
 - Tensión de ensayo a onda de choque 1,2/50 s 95 kV.
 - Tensión de ensayo a 50 Hz, 1 min, 50 kV.

(*)Tensiones según:

- UNE 21301
- UNE 21538-1

CONEXIÓN EN EL LADO DE ALTA TENSIÓN:

- Juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco RHZ1, aislamiento 12/20 kV, de 150 mm² en Al con sus correspondientes elementos de conexión.

CONEXIÓN EN EL LADO DE BAJA TENSIÓN:

- Juego de puentes III de cables BT unipolares de aislamiento seco tipo RV, aislamiento 0.6/1 kV, de 4x240 mm² Al para las fases y de 3x240 mm² Al para el neutro.

DISPOSITIVO TÉRMICO DE PROTECCIÓN.

- Equipo de sondas PT100 de temperatura y termómetro digital MB103, para protección térmica de transformador, y sus conexiones a la alimentación y al elemento disparador de la protección correspondiente, protegidas contra sobreintensidades, instalados.

13. CARACTERÍSTICAS MATERIAL VARIO ALTA TENSIÓN

*** EMBARRADO GENERAL CELDAS SM6.**

El embarrado general de las celdas SM6 se construye con tres barras aisladas de cobre dispuestas en paralelo.

*** PIEZAS DE CONEXIÓN CELDAS SM6.**

La conexión del embarrado se efectúa sobre los bornes superiores de la envolvente del interruptor-seccionador con la ayuda de repartidores de campo con tornillos imperdibles integrados de cabeza allen de M8. El par de apriete será de 2.8 m.da.N.

13. CARACTERÍSTICAS DE LA APARAMENTA DE BAJA TENSIÓN.

Cuadro de BT con interruptor automático contra sobrecargas y contra cortocircuitos (ambos umbrales regulables), con posibilidad de mantenimiento de los contactos de corte principales y de los mecanismos auxiliares más importantes.

14. MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

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

El cuadro de contadores es existente y lo que se hará en la sustitución/modificación de celdas en centro de transformación existente es dejar los relés, transformadores de tensión e

intensidad adecuados al aumento de potencia que va a haber por añadir el nuevo centro de transformación.

15. PUESTA A TIERRA

15.1 TIERRA DE PROTECCIÓN

Se conectarán a tierra los elementos metálicos de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero que puedan estarlo a causa de averías o circunstancias externas.

Las celdas dispondrán de una pletina de tierra que las interconectará, constituyendo el colector de tierras de protección.

15.2. TIERRA DE SERVICIO

Se conectarán a tierra el neutro del transformador y los circuitos de baja tensión de los transformadores del equipo de medida, según se indica en el apartado de cálculos de este proyecto.

15.3. TIERRAS INTERIORES

Las tierras interiores del centro de transformación tendrán la misión de poner en continuidad eléctrica todos los elementos que deban estar conectados a tierra con sus correspondientes tierras exteriores.

La tierra interior de protección se realizará con cable de 50 mm² de cobre desnudo formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujección y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP54.

La tierra interior de servicio se realizará con cable de 50 mm² de cobre aislado formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujección y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP54.

Las cajas de seccionamiento de la tierra de servicio y protección estarán separadas por una distancia mínima de 1m.

16. INSTALACIONES SECUNDARIAS

16.1 ALUMBRADO

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

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

Se dispondrá también un punto de luz de emergencia de carácter autónomo que señalará los accesos al centro de transformación.

16.2 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

De acuerdo con la instrucción MIERAT 14, se dispondrá como mínimo de un extintor de eficacia equivalente 89 B.

16.3 VENTILACIÓN

El local deberá estar dotado de un sistema mecánico adecuado para proporcionar un caudal de ventilación equivalente al que se indica en el capítulo de cálculos, y dispondrá de cierre automático en caso de incendio.

Los conductos de ventilación forzada del centro deberán ser totalmente independientes de otros conductos de ventilación del edificio.

Las rejillas de admisión y expulsión de aire se instalarán de forma que un normal funcionamiento de la ventilación no pueda producir molestias a vecinos y viandantes.

16.4. MEDIDAS DE SEGURIDAD.

*** SEGURIDAD EN CELDAS SM6**

Las celdas tipo SM6 dispondrán de una serie de enclavamientos funcionales que responden a los definidos por la Norma UNE-EN 62271-200, y que serán los siguientes:

- Sólo será posible cerrar el interruptor con el seccionador de tierra abierto y con el panel de acceso cerrado.
- El cierre del seccionador de puesta a tierra sólo será posible con el interruptor abierto.
- La apertura del panel de acceso al compartimento de cables sólo será posible con el seccionador de puesta a tierra cerrado.
- Con el panel delantero retirado, será posible abrir el seccionador de puesta a tierra para realizar el ensayo de cables, pero no será posible cerrar el interruptor.

Además de los enclavamientos funcionales ya definidos, algunas de las distintas funciones se enclavarán entre ellas mediante cerraduras según se indica en anteriores apartados.

16.4. COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA Y RUIDO

-Campos magnéticos

Los conductores y equipos de los CTS deben cumplir con lo dispuesto en el apartado 4.7 de la ITCRAT14 del Real Decreto 337/2014, de 09 de Mayo.

- Ruido

Los conductores y equipos de los CTS cumplen con lo dispuesto en el apartado 4.8 de la ITCRAT14 del Real Decreto 337/2014, de 09 de Mayo.

17. MINISTERIO, ORGANISMO O CORPORACIÓN AFECTADA

El nuevo centro de transformación y las partes subterráneas de la línea de alta tensión estarán enteramente en terrenos propiedad de COMUNIDAD DE REGANTES DEL PISUERGA con lo que la construcción de éste sólo afectará a dicha entidad.

La parte de línea de alta tensión que va en disposición aérea afecta a distintos propietarios, entre ellos el ayuntamiento de Astudillo y de Melgar de Yuso, ya que parte se instalará en terrenos de su propiedad.

Con el fin de informar y solicitar la intervención a los distintos Organismos afectados, se redactarán las correspondientes Separatas.

Se anexa tabla con las distintas afecciones como apéndice 1 de este documento.

18. DURACIÓN ESTIMADA DE LA OBRA

La duración estimada de la obra es de 2 meses desde la fecha de inicio.

19. CONCLUSIÓN

Por todo lo expuesto y habiéndose redactado de acuerdo con las normas vigentes, se somete a la consideración de las Autoridades competentes, para que si tienen a bien, concedan la autorización correspondiente que con esta fecha se solicita, quedando a su disposición para atender cuantas observaciones nos sean formuladas.

VALLADOLID, AGOSTO 2021
EL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL

Este documento ha sido redactado por D. Roberto Ferrero Rábano – Ingeniero Técnico Industrial Colegiado nº 1.599 del C.O.P.I.T.I.SA

APÉNDICE 1: LISTADO DE AFECTADOS

Nº ORDEN	POLIGONO	PARCELA	CLASIFICACIÓN	Tº MUNICIPAL	REF CATASTRAL	SUP. TOTAL	Nº DE APOYO	DATOS LÍNEA ELÉCTRICA		SUPERFICIE OBJETO DE AFECCIÓN (m2)		FORMA DE AFECCIÓN
								FINCA (m2)	LONG. CONDUCTOR (m)	ANCHO VUELO (m)	OCUPACIÓN DEFINITIVA	
						A-1		502	53	AGRARIO	ASTUDILLO	34017A50200053
A-2	502	9008	CAMINO	ASTUDILLO	34017A50209008	5291	4,5	115,77	3	4,23	347,31	PARCIAL
A-3	502	52	AGRARIO	ASTUDILLO	34017A50200052	16960		84,33	3		252,99	PARCIAL
A-4	502	50	AGRARIO	ASTUDILLO	34017A50200050	19376	6,7	199,75	4	2,67	799	PARCIAL
A-5	502	9005	CAMINO	ASTUDILLO	34017A50209005	840		3,18	3,5		11,13	PARCIAL
A-6	502	20044	AGRARIO	ASTUDILLO	34017A50220044	15938		116,58	4		466,32	PARCIAL
A-7	502	20048	AGRARIO	ASTUDILLO	34017A50220048	11939	8	95,1	3,5	0,5	332,85	PARCIAL
A-8	11	43	AGRARIO	MELGAR DE YUSO	34104A01100043	15525	9	123,89	4	0,62	495,56	PARCIAL
A-9	11	42	AGRARIO	MELGAR DE YUSO	34104A01100042	11086		69,72	4		278,88	PARCIAL
A-10	11	41	AGRARIO	MELGAR DE YUSO	34104A01100041	17192		95,71	4		382,84	PARCIAL
A-11	11	9011	ARROYO	MELGAR DE YUSO	34104A01109011	484		3,9	4		15,6	PARCIAL
A-12 *	11	36	AGRARIO	MELGAR DE YUSO	34104A01100036	12387	10	25,49	4	1,96	101,96	PARCIAL
NOTA:	* Comprende la ocupación de la línea eléctrica y estación de bombeo nueva.											

PROYECTO DE LÍNEA AÉREO-SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN A 13,2 KV Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADO DE HORMIGÓN DE SUPERFICIE DE 2 X 1.600 KVA, PARA SUMINISTRO EN BAJA TENSIÓN A BOMBEO EN EL T.M. DE ASTUDILLO Y TM DE MELGAR DE YUSO (PALENCIA).

EMPLAZAMIENTO

POL 11, PARCELA 36

MELGAR DE YUSO (PALENCIA)

TITULAR

SOCIEDAD ESTATAL DE INFRAESTRUCTURAS

AGRARIAS DEL NORTE S.A (SEIASA)

CIF: A82535303

CÁLCULOS

ANEXO DE CÁLCULOS MECÁNICOS

Contenido

1. RESUMEN DE FORMULAS.
2. DATOS GENERALES DE LA LINEA.
3. DISTANCIAS DE SEGURIDAD.
4. ANGULO DE DESVIACION DE LA CADENA DE AISLADORES.
5. CRUZAMIENTOS.
6. TENSIONES Y FLECHAS EN HIPOTESIS REGLAMENTARIAS.
7. TENSIONES Y FLECHAS DE TENDIDO.
8. CALCULO DE APOYOS.
9. APOYOS ADOPTADOS.
10. CRUCETAS ADOPTADAS.
11. CALCULO DE CIMENTACIONES.
12. CALCULO DE CADENAS DE AISLADORES.
13. ESFUERZOS VERTICALES SIN SOBRECARGA.
14. FLECHAS EN HIPOTESIS DE TRACCION MAXIMA.

ANEXO DE CÁLCULOS ELÉCTRICOS

1. PUESTA A TIERRA DE LOS APOYOS	32
1.1. APOYOS CON MANIOBRA (1,2)	32
1.2. APOYO NO FRECUENTADOS (EL RESTO).....	35
2. CÁLCULOS ELÉCTRICOS LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN	37
2.1. DENSIDAD MÁXIMA DE CORRIENTE ADMISIBLE.....	37
2.2. REACTANCIA APARENTE.....	37
2.3. CAÍDA DE TENSIÓN	37
2.4. PÉRDIDA DE POTENCIA.....	38
2.5. POTENCIA A TRANSPORTAR	38
3. CÁLCULOS ELÉCTRICOS LÍNEAS SUBTERRÁNEAS DE MEDIA TENSIÓN	39
3.1 LÍNEA DE SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN	39
3.2 PREVISIÓN DE CARGAS PARA MEDIA TENSIÓN.....	39
3.3 CÁLCULOS.....	39
3.3.1 INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE	39
3.3.2 CAIDA DE TENSIÓN.....	40
3.3.3 PÉRDIDA DE POTENCIA	40
3.3.4 INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE DURANTE EL CORTOCIRCUITO.....	41
3.3.5 INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO MÁXIMA ADMISIBLE EN LA PANTALLA DEL CABLE DE AISLAMIENTO SECO	41
3.3.6 RESULTADOS OBTENIDOS.....	42
4. CÁLCULOS CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	46
4.1. INTENSIDAD DE ALTA TENSIÓN.	46
4.2. INTENSIDAD DE BAJA TENSIÓN.	46
4.3. CORTOCIRCUITOS.	47
4.3.1. Observaciones.....	47
4.3.2. Cálculo de las Corrientes de Cortocircuito.....	47
4.3.3. Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.....	47
4.3.4. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.....	48
4.4 DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.....	48
4.4.1. COMPROBACIÓN POR DENSIDAD DE CORRIENTE.....	48
4.4.2. COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN ELECTRODINÁMICA	48
4.4.3. COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN TÉRMICA.....	49
4.5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.....	49
4.6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL C.T.	49
4.7. DIMENSIONES DEL POZO APAGAFUEGOS.....	50
4.8 CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA	50
4.8.1 INVESTIGACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	50

4.8.2 DETERMINACIÓN DE LAS CORRIENTES MÁXIMAS DE PUESTA A TIERRA Y DEL TIEMPO MÁXIMO CORRESPONDIENTE A LA ELIMINACIÓN DEL DEFECTO	50
4.8.3 DISEÑO PRELIMINAR DE LA INSTALACIÓN DE TIERRA DE PROTECCIÓN.....	51
4.8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierras.	53
4.8.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.....	54
4.8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.....	54
4.8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.	55
4.8.8. Investigación de tensiones transferibles al exterior.	56
5. CONCLUSION.....	56

1. RESUMEN DE FORMULAS.

1.1. TENSION MAXIMA EN UN VANO (Apdo. 3.2.1).

La tensión máxima en un vano se produce en los puntos de fijación del conductor a los apoyos.

$$T_A = P_0 \cdot Y_A = P_0 \cdot c \cdot \cosh (X_A/c) = P_0 \cdot c \cdot \cosh [(X_m - a/2) / c]$$

$$T_B = P_0 \cdot Y_B = P_0 \cdot c \cdot \cosh (X_B/c) = P_0 \cdot c \cdot \cosh [(X_m + a/2) / c]$$

$$P_v = K \cdot d / 1000 \quad K=60 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2 \text{ si } d \leq 16 \text{ mm y } v \geq 120 \text{ Km/h}$$

$$P_{vh} = K \cdot D / 1000 \quad K=50 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2 \text{ si } d > 16 \text{ mm y } v \geq 120 \text{ Km/h}$$

$$P_h = K \cdot \sqrt{d} \quad K=60 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2 \text{ si } d \leq 16 \text{ mm y } v \geq 60 \text{ Km/h}$$

$$P_h = K \cdot \sqrt{d} \quad K=50 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2 \text{ si } d > 16 \text{ mm y } v \geq 60 \text{ Km/h}$$

$$P_h = K \cdot \sqrt{d} \quad K=0.18 \text{ Zona B}$$

$$K=0.36 \text{ Zona C}$$

$$P_0 = \sqrt{(P_p^2 + P_v^2)} \quad \text{Zona A, B y C. Hipótesis de viento.}$$

$$P_0 = P_p + P_h \quad \text{Zonas B y C. Hipótesis de hielo.}$$

$$P_0 = \sqrt{[(P_p + P_h)^2 + P_{vh}^2]} \quad \text{Zonas B y C. Hipótesis de hielo + viento.}$$

Cuando sea requerida por la empresa eléctrica.

$$c = T_{0h} / P_0$$

$$X_m = c \cdot \ln [z + \sqrt{(1+z^2)}]$$

$$z = h / (2 \cdot c \cdot \sinh a/2c)$$

Siendo:

v = Velocidad del viento (Km/h).

T_A = Tensión total del conductor en el punto de fijación al primer apoyo del vano (daN).

T_B = Tensión total del conductor en el punto de fijación al segundo apoyo del vano (daN).

P_0 = Peso total del conductor en las condiciones más desfavorables (daN/m).

P_p = Peso propio del conductor (daN/m).

P_v = Sobrecarga de viento (daN/m).

P_{vh} = Sobrecarga de viento incluido el manguito de hielo (daN/m).

P_h = Sobrecarga de hielo (daN/m).

d = diámetro del conductor (mm).

D = diámetro del conductor incluido el espesor del manguito de hielo (mm).

$Y = c \cdot \cosh (x/c)$ = Ecuación de la catenaria.

c = constante de la catenaria.

Y_A = Ordenada correspondiente al primer apoyo del vano (m).

Y_B = Ordenada correspondiente al segundo apoyo del vano (m).

X_A = Abcisa correspondiente al primer apoyo del vano (m).

X_B = Abcisa correspondiente al segundo apoyo del vano (m).

X_m = Abcisa correspondiente al punto medio del vano (m).

a = Proyección horizontal del vano (m).

h = Desnivel entre los puntos de fijación del conductor a los apoyos (m).

T_{0h} = Componente Horizontal de la Tensión en las condiciones más desfavorables o Tensión Máxima Horizontal (daN). Es constante en todo el vano.

1.2. VANO DE REGULACION.

Para cada tramo de línea comprendida entre apoyos con cadenas de amarre, el vano de regulación se obtiene del siguiente modo:

$$a_r = \sqrt{(\sum a^3 / \sum a)}$$

1.3. TENSIONES Y FLECHAS DE LA LINEA EN DETERMINADAS CONDICIONES. ECUACION DEL CAMBIO DE CONDICIONES.

Partiendo de una situación inicial en las condiciones de tensión máxima horizontal (T_{0h}), se puede obtener una tensión horizontal final (T_h) en otras condiciones diferentes para cada vano de regulación (tramo de línea), y una flecha (F) en esas condiciones finales, para cada vano real de ese tramo.

La tensión horizontal en unas condiciones finales dadas, se obtiene mediante la Ecuación del Cambio de Condiciones:

$$[\delta \cdot L_0 \cdot (t - t_0)] + [L_0 / (S \cdot E) \cdot (T_h - T_{0h})] = L - L_0$$

$$L_0 = c_0 \cdot \sinh[(X_{m0} + a/2) / c_0] - c_0 \cdot \sinh[(X_{m0} - a/2) / c_0]$$

$$c_0 = T_{0h} / P_0 ; X_{m0} = c_0 \cdot \ln[z_0 + \sqrt{(1+z_0^2)}]$$

$$z_0 = h / (2 \cdot c_0 \cdot \sinh a/2c_0)$$

$$L = c \cdot \sinh[(X_m + a/2) / c] - c \cdot \sinh[(X_m - a/2) / c]$$

$$c = T_h / P ; X_m = c \cdot \ln[z + \sqrt{(1+z^2)}]$$

$$z = h / (2 \cdot c \cdot \sinh a/2c)$$

Siendo:

δ = Coeficiente de dilatación lineal.

L_0 = Longitud del arco de catenaria en las condiciones iniciales para el vano de regulación (m).

L = Longitud del arco de catenaria en las condiciones finales para el vano de regulación (m).

t_0 = Temperatura en las condiciones iniciales (°C).

t = Temperatura en las condiciones finales (°C).

S = Sección del conductor (mm²).

E = Módulo de elasticidad (daN/mm²).

T_{0h} = Componente Horizontal de la Tensión en las condiciones más desfavorables o Tensión Máxima Horizontal (daN).

T_h = Componente Horizontal de la Tensión o Tensión Horizontal en las condiciones finales consideradas, para el vano de regulación (daN).

$a = a_r$ (vano de regulación, m).

h = Desnivel entre los puntos de fijación del conductor a los apoyos, en tramos de un solo vano (m).

$h = 0$, para tramos compuestos por más de un vano.

Obtención de la flecha en las condiciones finales (F), para cada vano real de la línea:

$$F = Y_B - [h/a \cdot (X_B - X_{fm})] - Y_{fm}$$

$$X_{fm} = c \cdot \ln[h/a + \sqrt{1+(h/a)^2}]$$

$$Y_{fm} = c \cdot \cosh (X_{fm}/c)$$

Siendo:

Y_B = Ordenada de uno de los puntos de fijación del conductor al apoyo (m).

X_B = Abcisa de uno de los puntos de fijación del conductor al apoyo (m).

Y_{fm} = Ordenada del punto donde se produce la flecha máxima (m).

X_{fm} = Abcisa del punto donde se produce la flecha máxima (m).

h = Desnivel entre los puntos de fijación del conductor a los apoyos (m).

a = proyección horizontal del vano (m).

1.3.1. Tensión máxima (Apdo. 3.2.1).

Condiciones iniciales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

a) Zona A.

- Tracción máxima viento.

$t = -5$ °C.

Sobrecarga: viento (P_V).

b) Zona B.

- Tracción máxima viento.

$t = -10$ °C.

Sobrecarga: viento (P_V).

- Tracción máxima hielo.

$t = -15$ °C.

Sobrecarga: hielo (P_H).

- Tracción máxima hielo + viento. (Cuando sea requerida por la empresa eléctrica).

$t = -15$ °C.

Sobrecarga: viento (P_{Vh}).

Sobrecarga: hielo (P_H).

c) Zona C.

- Tracción máxima viento.

$t = -15$ °C.

Sobrecarga: viento (P_V).

- Tracción máxima hielo.

$t = -20$ °C.

Sobrecarga: hielo (P_H).

- Tracción máxima hielo + viento. (Cuando sea requerida por la empresa eléctrica).

$t = -20$ °C.

Sobrecarga: viento (P_{Vh}).

Sobrecarga: hielo (P_H).

1.3.2. Flecha máxima (Apdo. 3.2.3).

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

a) Hipótesis de viento.

$t = +15$ °C.

Sobrecarga: Viento (P_V).

b) Hipótesis de temperatura.

$t = + 50 \text{ }^\circ\text{C}$.

Sobrecarga: ninguna.

c) Hipótesis de hielo.

$t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Sobrecarga: hielo (P_H).

Zona A: Se consideran las hipótesis a) y b).

Zonas B y C: Se consideran las hipótesis a), b) y c).

1.3.3. Flecha mínima.

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

a) Zona A.

$t = -5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Sobrecarga: ninguna.

b) Zona B.

$t = -15 \text{ }^\circ\text{C}$.

Sobrecarga: ninguna.

c) Zona C.

$t = -20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Sobrecarga: ninguna.

1.3.4. Desviación cadena aisladores.

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

$t = -5 \text{ }^\circ\text{C}$ en zona A, $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ en zona B y $-15 \text{ }^\circ\text{C}$ en zona C.

Sobrecarga: mitad de Viento ($P_V/2$).

1.3.5. Hipótesis de Viento. Cálculo de apoyos.

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

$t = -5 \text{ }^\circ\text{C}$ en zona A, $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ en zona B y $-15 \text{ }^\circ\text{C}$ en zona C.

Sobrecarga: Viento (P_V).

1.3.6. Tendido de la línea.

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

$t = -20 \text{ }^\circ\text{C}$ (Sólo zona C).

$t = -15 \text{ }^\circ\text{C}$ (Sólo zonas B y C).

$t = -10 \text{ }^\circ\text{C}$ (Sólo zonas B y C).

$t = -5 \text{ }^\circ\text{C}$.

$t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$.

$t = + 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

$t = + 10 \text{ }^\circ\text{C}$.

$t = + 15 \text{ }^\circ\text{C}$.

$t = + 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

t = + 25 °C.

t = + 30 °C.

t = + 35 °C.

t = + 40 °C.

t = + 45 °C.

t = + 50 °C.

Sobrecarga: ninguna.

1.4. LIMITE DINAMICO "EDS".

$$EDS = (T_h / Q_r) \cdot 100 < 15$$

Siendo:

EDS = Every Day Estress, esfuerzo al cual están sometidos los conductores de una línea la mayor parte del tiempo, correspondiente a la temperatura media o a sus proximidades, en ausencia de sobrecarga.

T_h = Componente Horizontal de la Tensión o Tensión Horizontal en las condiciones finales consideradas, para el vano de regulación (daN). Zonas A, B y C, $t^a = 15$ °C. Sobrecarga: ninguna.

Q_r = Carga de rotura del conductor (daN).

1.5. HIPOTESIS CALCULO DE APOYOS (Apdo. 3.5.3).

Apoyos de líneas situadas en zona A (Altitud inferior a 500 m).

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	HIPOTESIS 1ª (Viento)	HIPOTESIS 2ª (Hielo)	HIPOTESIS 3ª (Des. Tracciones)	HIPOTESIS 4ª (Rotura cond.)
Alineación Suspensión	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot n_c$		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot n_c$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} - P_{cvr} + P_{ca} \cdot n_c$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot n_c$			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) $L = D_{tv}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) $L_t = R_{otv}$
Alineación Amarre	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot n_c$		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot n_c$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} - P_{cvr} + P_{ca} \cdot n_c$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot n_c$			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) $L = D_{tv}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) $L_t = R_{otv}$
Angulo Suspensión	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot n_c$		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot n_c$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} - P_{cvr} + P_{ca} \cdot n_c$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot n_c + R_{avT}$		Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{avdT}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{avrT}$
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{avdL}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{avrL} ; L_t = R_{otv}$
Angulo Amarre	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot n_c$		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot n_c$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} - P_{cvr} + P_{ca} \cdot n_c$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot n_c + R_{avT}$		Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{avdT}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{avrT}$
	L	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{avL}$		Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{avdL}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{avrL} ; L_t = R_{otv}$
Anclaje Alineación	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot n_c$		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot n_c$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} - P_{cvr} + P_{ca} \cdot n_c$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot n_c$			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) $L = D_{tv}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) $L_t = R_{otv}$
Anclaje Angulo y Estrellam.	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot n_c$		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot n_c$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} - P_{cvr} + P_{ca} \cdot n_c$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot n_c + R_{avT}$		Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{avdT}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{avrT}$
	L	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{avL}$		Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{avdL}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{avrL} ; L_t = R_{otv}$
Fin de línea	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot n_c$			Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} - P_{cvr} + P_{ca} \cdot n_c$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot n_c$			
	L	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.4) $L = D_{tv}$			Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.4) $L_t = R_{otv}$

V = Esfuerzo vertical

T = Esfuerzo transversal

L = Esfuerzo longitudinal

Lt = Esfuerzo de torsión

Para la determinación de las tensiones de los conductores se considerarán sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 Km/h y a la temperatura de -5 °C.

En los apoyos de alineación y ángulo con cadenas de suspensión y amarre se prescinde de la 4ª hipótesis si se verifican simultáneamente las siguientes condiciones (apdo. 3.5.3) :

- Tensión nominal de la línea hasta 66 kV.
- La carga de rotura del conductor es inferior a 6600 daN.
- Los conductores tienen un coeficiente de seguridad de 3, como mínimo.

-
- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">- El coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera es el correspondiente a las hipótesis normales.- Se instalen apoyos de anclaje cada 3 kilómetros como máximo. |
|--|

Apoyos de líneas situadas en zonas B y C (Altitud igual o superior a 500 m).

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	HIPOTESIS 1ª (Viento)	HIPOTESIS 2ª (Hielo)	HIPOTESIS 3ª (Des. Tracciones)	HIPOTESIS 4ª (Rotura cond.)
Alineación Suspensión	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca} \cdot nc$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc$			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) $L = D_{th}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) $L_t = R_{oth}$
Alineación Amarre	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca} \cdot nc$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc$			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) $L = D_{th}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) $L_t = R_{oth}$
Angulo Suspensión	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca} \cdot nc$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc + R_{av}T$	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ah}T$	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ah}dT$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ahr}T$
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ah}dL$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ahr}L ; L_t = R_{oth}$
Angulo Amarre	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca} \cdot nc$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc + R_{av}T$	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ah}T$	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ah}dT$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ahr}T$
	L	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{av}L$	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ah}L$	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ah}dL$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ahr}L ; L_t = R_{oth}$
Anclaje Alineación	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca} \cdot nc$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc$			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) $L = D_{th}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) $L_t = R_{oth}$
Anclaje Angulo y Estrellam.	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca} \cdot nc$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc + R_{av}T$	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ah}T$	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ah}dT$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ahr}T$
	L	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{av}L$	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ah}L$	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ah}dL$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ahr}L ; L_t = R_{oth}$
Fin de línea	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca} \cdot nc$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc$			
	L	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.4) $L = D_{tv}$	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.4) $L = D_{th}$		Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.4) $L_t = R_{oth}$

V = Esfuerzo vertical

T = Esfuerzo transversal

L = Esfuerzo longitudinal

Lt = Esfuerzo de torsión

Para la determinación de las tensiones de los conductores se considerará:

Hipótesis 1ª : Sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 Km/h y a la temperatura de -10 °C en zona B y -15 °C en zona C.

Resto hipótesis : Sometidos a una sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a la temperatura de -15 °C en zona B y -20 °C en zona C.

En los apoyos de alineación y ángulo con cadenas de suspensión y amarre se prescinde de la 4ª hipótesis si se verifican simultáneamente las siguientes condiciones (apdo. 3.5.3) :

- Tensión nominal de la línea hasta 66 kV.
- La carga de rotura del conductor es inferior a 6600 daN.
- Los conductores tienen un coeficiente de seguridad de 3, como mínimo.

-
- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">- El coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera es el correspondiente a las hipótesis normales.- Se instalen apoyos de anclaje cada 3 kilómetros como máximo. |
|--|

1.5.1. Cargas permanentes (Apdo. 3.1.1).

Se considerarán las cargas verticales debidas al peso de los distintos elementos: conductores con sobrecarga (según hipótesis), aisladores, herrajes.

En todas las hipótesis en zona A y en la hipótesis de viento en zonas B y C, el peso que gravita sobre los apoyos debido al conductor y su sobrecarga "Pcv" será:

$$P_{cv} = L_v \cdot P_{pv} \cdot \cos \alpha \cdot n \text{ (daN)}$$

$$P_{cvr} = L_v \cdot P_{pv} \cdot \cos \alpha \cdot nr \text{ (daN)}$$

Siendo:

L_v = Longitud del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de -5 °C (zona A), -10 °C (zona B) o -15 °C (zona C) con sobrecarga de viento (m).

P_{pv} = Peso propio del conductor con sobrecarga de viento (daN/m).

P_{cvr} = Peso que gravita sobre los apoyos de los conductores rotos con sobrecarga de viento para la 4ª hipótesis (daN).

α = Angulo que forma la resultante del viento con el peso propio del conductor.

n = número total de conductores.

nr = número de conductores rotos en la 4ª hipótesis.

En todas las hipótesis en zonas B y C, excepto en la hipótesis 1ª de Viento, el peso que gravita sobre los apoyos debido al conductor y su sobrecarga "Pch" será:

$$P_{ch} = L_h \cdot P_{ph} \cdot n \text{ (daN)}$$

$$P_{chr} = L_h \cdot P_{ph} \cdot nr \text{ (daN)}$$

Siendo:

L_h = Longitud del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de -15 °C (zona B) o -20 °C (zona C) con sobrecarga de hielo (m).

P_{ph} = Peso propio del conductor con sobrecarga de hielo (daN/m).

P_{chr} = Peso que gravita sobre los apoyos de los conductores rotos con sobrecarga de hielo para la 4ª hipótesis (daN).

n = número total de conductores.

nr = número de conductores rotos en la 4ª hipótesis.

En todas las zonas y en todas las hipótesis habrá que considerar el peso de los herrajes y la cadena de aisladores "Pca", así como el número de cadenas de aisladores del apoyo "nc".

1.5.2. Esfuerzos del viento (Apdo. 3.1.2).

- El esfuerzo del viento sobre los conductores "Fvc" en la hipótesis 1ª para las zonas A, B y C se obtiene de la siguiente forma:

Apoyos alineación

$$F_{vc} = (a_1 \cdot d_1 \cdot n_1 + a_2 \cdot d_2 \cdot n_2) / 2 \cdot k \text{ (daN)}$$

Apoyos fin de línea

$$F_{vc} = a / 2 \cdot d \cdot n \cdot k \text{ (daN)}$$

Apoyos de ángulo y estrellamiento

$$F_{vc} = \sum a_p / 2 \cdot d_p \cdot n_p \cdot k \text{ (daN)}$$

Siendo:

a_1 = Proyección horizontal del conductor que hay a la izquierda del apoyo (m).

a_2 = Proyección horizontal del conductor que hay a la derecha del apoyo (m).

a = Proyección horizontal del conductor (m).

a_p = Proyección horizontal del conductor en la dirección perpendicular a la bisectriz del ángulo (apoyos de ángulo) y en la dirección perpendicular a la resultante (apoyos de estrellamiento) (m).

d, d_1, d_2, d_p = Diámetro del conductor(m).

n, n_1, n_2, n_p = nº de haces de conductores.

v = Velocidad del viento (Km/h).

$K = 60 \cdot (v/120)^2$ daN/m² si $d \leq 16$ mm y $v \geq 120$ Km/h

$K = 50 \cdot (v/120)^2$ daN/m² si $d > 16$ mm y $v \geq 120$ Km/h

- En la hipótesis 1ª para las zonas A, B y C habrá que considerar el esfuerzo del viento sobre los herrajes y la cadena de aisladores "Eca", así como el número de cadenas de aisladores del apoyo "nc".

1.5.3. Desequilibrio de tracciones (Apdo. 3.1.4)

- En la hipótesis 1ª (sólo apoyos fin de línea) en zonas A, B y C y en la hipótesis 3ª en zona A (apoyos alineación, ángulo, estrellamiento y anclaje), el desequilibrio de tracciones "Dtv" se obtiene:

Apoyos de alineación con cadenas de suspensión.

$$Dtv = 8/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

$$Dtv = \text{Abs}((T_{h1} \cdot n_1) - (T_{h2} \cdot n_2)) \text{ (daN)}$$

Apoyos de alineación con cadenas de amarre.

$$Dtv = 15/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

$$Dtv = \text{Abs}((T_{h1} \cdot n_1) - (T_{h2} \cdot n_2)) \text{ (daN)}$$

Apoyos de ángulo con cadenas de suspensión.

$$Dtv = 8/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de ángulo con cadenas de amarre.

$$Dtv = 15/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de anclaje de alineación.

$$Dtv = 50/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

$$Dtv = \text{Abs}((T_{h1} \cdot n_1) - (T_{h2} \cdot n_2)) \text{ (daN)}$$

Apoyos de anclaje en ángulo y estrellamiento.

$$Dtv = 50/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos fin de línea

$$Dtv = 100/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

Siendo:

n, n_1, n_2 = número total de conductores.

T_h, T_{h1}, T_{h2} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones de -5 °C (zona A), -10 °C (zona B) y -15 °C (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

- En la hipótesis 2ª (fin de línea) y 3ª (alineación, ángulo, estrellamiento y anclaje) en zonas B y C, el desequilibrio de tracciones "Dth" se obtiene:

Apoyos de alineación con cadenas de suspensión.

$$Dth = 8/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

$$Dth = \text{Abs}((T_{0h1} \cdot n_1) - (T_{0h2} \cdot n_2)) \text{ (daN)}$$

Apoyos de alineación con cadenas de amarre.

$$Dth = 15/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

$$Dth = \text{Abs}((T_{0h1} \cdot n_1) - (T_{0h2} \cdot n_2)) \text{ (daN)}$$

Apoyos de ángulo con cadenas de suspensión.

$$Dth = 8/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de ángulo con cadenas de amarre.

$$Dth = 15/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de anclaje en alineación.

$$Dth = 50/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

$$Dth = \text{Abs}((T_{0h1} \cdot n_1) - (T_{0h2} \cdot n_2)) \text{ (daN)}$$

Apoyos de anclaje en ángulo y estrellamiento.

$$Dth = 50/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos fin de línea

$$Dth = 100/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

Siendo:

n, n_1, n_2 = número total de conductores.

T_{0h}, T_{0h1}, T_{0h2} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones -15 °C (Zona B) y -20 °C (Zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

1.5.4. Rotura de conductores (Apdo. 3.1.5)

- El esfuerzo debido a la rotura de conductores "Rotv" en zona A, aplicado en el punto donde produzca la sollicitación más desfavorable produciendo un esfuerzo de torsión, se obtiene:

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de suspensión

- Se prescinde siempre que se cumplan las condiciones especificadas en el apdo 3.5.3.

- Si no se cumplen esas condiciones, se considerará el esfuerzo unilateral correspondiente a la rotura de un solo

conductor "Rotv", aplicado en el punto que produzca la sollicitación más desfavorable.

$$\text{Rotv} = T_{0h} \text{ (daN)}$$

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de amarre

- Se prescinde siempre que se cumplan las condiciones especificadas en el apdo 3.5.3.
- Si no se cumplen esas condiciones, se considerará el esfuerzo unilateral correspondiente a la rotura de un solo conductor "Rotv", aplicado en el punto que produzca la sollicitación más desfavorable.

$$\text{Rotv} = T_{0h} \text{ (daN)}$$

Apoyos de anclaje en alineación, anclaje en ángulo y estrellamiento

$$\text{Rotv} = T_{0h} \text{ (simplex, un sólo conductor por fase) (daN)}$$

$$\text{Rotv} = T_{0h} \cdot \text{ncf} \cdot 0,5 \text{ (dúplex, tríplex, cuadrúplex; dos, tres o cuatro conductores por fase) (daN)}$$

Fin de línea

$$\text{Rotv} = T_{0h} \cdot \text{ncf} \text{ (daN)}$$

$$\text{Rotv} = 2 \cdot T_{0h} \cdot \text{ncf} \text{ (montaje tresbolillo y bandera) (daN)}$$

Siendo:

ncf = número de conductores por fase.

T_{0h} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones de -5 °C (zona A), -10 °C (zona B) y -15 °C (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

- El esfuerzo debido a la rotura de conductores "Roth" en zonas B y C, aplicado en el punto donde produzca la sollicitación más desfavorable produciendo un esfuerzo de torsión, se obtiene:

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de suspensión

- Se prescinde siempre que se cumplan las condiciones especificadas en el apdo 3.5.3.
- Si no se cumplen esas condiciones, se considerará el esfuerzo unilateral correspondiente a la rotura de un solo conductor "Roth", aplicado en el punto que produzca la sollicitación más desfavorable.

$$\text{Roth} = T_{0h} \text{ (daN)}$$

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de amarre

- Se prescinde siempre que se cumplan las condiciones especificadas en el apdo 3.5.3.
- Si no se cumplen esas condiciones, se considerará el esfuerzo unilateral correspondiente a la rotura de un solo conductor "Roth", aplicado en el punto que produzca la sollicitación más desfavorable.

$$\text{Roth} = T_{0h} \text{ (daN)}$$

Apoyos de anclaje en alineación, anclaje en ángulo y estrellamiento

$$\text{Roth} = T_{0h} \text{ (simplex, un sólo conductor por fase) (daN)}$$

$$\text{Roth} = T_{0h} \cdot \text{ncf} \cdot 0,5 \text{ (dúplex, tríplex, cuadrúplex; dos, tres o cuatro conductores por fase) (daN)}$$

Fin de línea

$$\text{Roth} = T_{0h} \cdot \text{ncf} \text{ (daN)}$$

$$\text{Roth} = 2 \cdot T_{0h} \cdot \text{ncf} \text{ (montaje tresbolillo y bandera) (daN)}$$

Siendo:

ncf = número de conductores por fase.

T_{0h} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones de -15 °C (Zona B) y -20 °C (Zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

1.5.5. Resultante de ángulo (Apdo. 3.1.6)

El esfuerzo resultante de ángulo "Rav" de las tracciones de los conductores en la hipótesis 1ª para las zonas A, B y C se obtiene del siguiente modo:

$$Rav = \sqrt{(T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h2} \cdot n_2)^2} - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h2} \cdot n_2) \cdot \cos [180 - \alpha] \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Rav" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RavL" y otro en dirección transversal a la línea "RavT".

Siendo:

n_1, n_2 = Número de conductores.

T_{h1}, T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de -5 °C (zona A), -10 °C (zona B) y -15 °C (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

α = Ángulo que forman T_{h1} y T_{h2} (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Rah" de las tracciones de los conductores en la hipótesis 2ª para las zonas B y C se obtiene del siguiente modo:

$$Rah = \sqrt{(T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h2} \cdot n_2)^2} - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h2} \cdot n_2) \cdot \cos [180 - \alpha] \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Rah" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RahL" y otro en dirección transversal a la línea "RahT".

Siendo:

n_1, n_2 = Número de conductores.

T_{h1}, T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de -15 °C (zona B) y -20 °C (zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

α = Ángulo que forman T_{h1} y T_{h2} (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Ravd" de las tracciones de los conductores en la hipótesis 3ª para la zona A se obtiene del siguiente modo:

$$Ravd = \sqrt{(T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h1} \cdot n_1 - Dtv)^2} - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h1} \cdot n_1 - Dtv) \cdot \cos [180 - \alpha] \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Ravd" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RavdL" y otro en dirección transversal a la línea "RavdT".

Siendo:

n_1 = Número de conductores.

T_{h1} = Tensiones horizontales en las condiciones de -5 °C (zona A), -10 °C (zona B) y -15 °C (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

Dtv = Desequilibrio de tracciones en la hipótesis de viento.

α = Ángulo que forman T_{h1} y $(T_{h1} - Dtv)$ (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Rahd" de las tracciones de los conductores en la hipótesis 3ª para las zonas B y C se obtiene del siguiente modo:

$$Rahd = \sqrt{(T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h1} \cdot n_1 - Dth)^2} - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h1} \cdot n_1 - Dth) \cdot \cos [180 - \alpha] \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Rahd" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RahdL" y otro en dirección transversal a la línea "RahdT".

Siendo:

n_1 = Número de conductores.

T_{h1} = Tensiones horizontales en las condiciones de -15 °C (zona B) y -20 °C (zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

Dth = Desequilibrio de tracciones en la hipótesis de hielo.

α = Angulo que forman T_{h1} y ($T_{h1} - Dth$) (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Ravr" de la rotura de conductores en la hipótesis 4ª para la zona A se obtiene del siguiente modo:

$$Ravr = \sqrt{(T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h2} \cdot n_2)^2 - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h2} \cdot n_2) \cdot \cos [180 - \alpha]} \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Ravr" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RavrL" y otro en dirección transversal a la línea "RavrT".

Siendo:

n_1, n_2 = Número de conductores quitando los conductores que se han roto.

T_{h1}, T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de -5 °C (zona A), -10 °C (zona B) y -15 °C (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

α = Angulo que forman T_{h1} y T_{h2} (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Rahr" de la rotura de conductores en la hipótesis 4ª para las zonas B y C se obtiene del siguiente modo:

$$Rahr = \sqrt{(T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h2} \cdot n_2)^2 - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h2} \cdot n_2) \cdot \cos [180 - \alpha]} \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Rahr" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RahrL" y otro en dirección transversal a la línea "RahrT".

Siendo:

n_1, n_2 = Número de conductores quitando los conductores que se han roto.

T_{h1}, T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de -15 °C (zona B) y -20 °C (zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

α = Angulo que forman T_{h1} y T_{h2} (gr. sexa.).

*Nota: En los apoyos de estrellamiento las operaciones anteriores se han realizado tomando las tensiones dos a dos para conseguir la resultante total.

1.5.6. Esfuerzos descentrados

En los apoyos fin de línea, cuando tienen el montaje al tresbolillo o bandera, aparecen por la disposición de la cruceta esfuerzos descentrados en condiciones normales, cuyo valor será:

$$Esdt = T_{0h} \cdot ncf \text{ (daN) (tresbolillo)}$$

$$Esdb = 3 \cdot T_{0h} \cdot ncf \text{ (daN) (bandera)}$$

Siendo:

ncf = número de conductores por fase.

T_{0h} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones más desfavorables de tensión máxima.

1.5.7. Esfuerzos equivalentes

Los esfuerzos horizontales de los apoyos vienen especificados en un punto de ensayo, situado en la cogolla (excepto en los apoyos de hormigón y de chapa metálica que están 0,25 m por debajo de la cogolla).

Si los esfuerzos están aplicados en otro punto se aplicará un coeficiente reductor o de mayoración.

- Coeficiente reductor del esfuerzo nominal. Se aplica para esfuerzos horizontales a mayor altura del punto de

ensayo, cuyo valor será:

Apoyos de celosía y presilla

$$K = 4,6 / (H_S + 4,6)$$

Apoyos de hormigón

$$K = 5,4 / (H_S + 5,25)$$

Apoyos de chapa metálica

$$K = 4,6 / (H_S + 4,85)$$

- Coeficiente de mayoración del esfuerzo nominal. Se aplica para esfuerzos horizontales a menor altura del punto de ensayo, cuyo valor será:

$$K = H_{En} / H_F$$

Por tanto los esfuerzos horizontales aplicados en el punto de ensayo serán:

$$T = T_c / K$$

$$L = L_c / K$$

El esfuerzo horizontal equivalente soportado por el apoyo será:

- Existe solamente esfuerzo transversal.

$$F = T$$

- Existe solamente esfuerzo longitudinal.

$$F = L$$

- Existe esfuerzo transversal y longitudinal simultáneamente.

En apoyos de celosía, presilla, hormigón vibrado hueco y chapa circular.

$$F = T + L$$

En apoyos de hormigón vibrado y chapa rectangular con viento sobre la cara secundaria.

$$F = RU \cdot T + L$$

En apoyos de hormigón vibrado y chapa rectangular sin viento o con viento sobre la cara principal.

$$F = T + RN \cdot L$$

El esfuerzo de torsión aplicado en el punto de ensayo será:

$$L_t = L_{tc} \cdot D_c / D_n$$

En apoyos de hormigón vibrado y chapa rectangular el apoyo se orienta con su esfuerzo nominal principal en dirección del esfuerzo mayor (T o L).

Siendo:

H_{En} = Distancia desde el punto de ensayo de los esfuerzos horizontales hasta el terreno (m).

H_S = Distancia por encima de la cogolla, donde se aplican los esfuerzos horizontales (m).
 H_F = Distancia desde punto de aplicación de los esfuerzos horizontales hasta el terreno (m).
 D_n = Distancia del punto de ensayo del esfuerzo de torsión al eje del apoyo (m).
 D_c = Distancia del punto de aplicación de los conductores al eje del apoyo (m).
 H_v = Altura del punto de aplicación del esfuerzo del viento (m).
 E_{va} = Esfuerzo del viento sobre el apoyo (daN).
 E_{vaRed} = Esfuerzo del viento sobre el apoyo reducido al punto de ensayo (daN).

$$E_{vaRed} = E_{va} \cdot H_v / H_{En}$$
 R_U = Esfuerzo nominal principal / (Esfuerzo nominal secundario – E_{vaRed}).
 R_N = Esfuerzo nominal principal / Esfuerzo nominal secundario.
 T_c = Esfuerzo transversal en el punto de aplicación de los conductores (daN).
 L_c = Esfuerzo longitudinal en el punto de aplicación de los conductores (daN).
 L_{tc} = Esfuerzo de torsión en el punto de aplicación de los conductores (daN).
 F = Esfuerzo horizontal equivalente (daN).
 T = Esfuerzo transversal en el punto de ensayo (daN).
 L = Esfuerzo longitudinal en el punto de ensayo (daN).
 L_t = Esfuerzo de torsión en el punto de ensayo (daN).

1.5.8. Apoyo adoptado

El apoyo adoptado deberá soportar la combinación de esfuerzos considerados en cada hipótesis (V,F,Lt). A estos esfuerzos se le aplicará un coeficiente de seguridad si el apoyo es reforzado.

- Hipótesis sin esfuerzo de torsión.

El esfuerzo horizontal debe cumplir la ecuación:

$$E_n \geq F$$

En apoyos de hormigón el esfuerzo vertical debe cumplir la ecuación:

$$V_n \geq V$$

En apoyos que no sean de hormigón se aplicará la ecuación resistente:

$$(3 \cdot V_n) \geq V$$

$$(5 \cdot E_n + V_n) \geq (5 \cdot F + V)$$

- Hipótesis con esfuerzo de torsión.

El esfuerzo horizontal debe cumplir la ecuación:

$$E_{nt} \geq F$$

El esfuerzo vertical debe cumplir la ecuación:

$$V_{nt} \geq V$$

El esfuerzo de torsión debe cumplir la ecuación:

$$E_T \geq L_t$$

Siendo:

V = Cargas verticales.

F = Esfuerzo horizontal equivalente.

L_t = Esfuerzo de torsión.

E_n = Esfuerzo nominal sin torsión del apoyo.
 E_{nt} = Esfuerzo nominal con torsión del apoyo.
 V_n = Esfuerzo vertical sin torsión del apoyo.
 V_{nt} = Esfuerzo vertical con torsión del apoyo.
 E_T = Esfuerzo de torsión del apoyo.

1.6. CIMENTACIONES (Apdo. 3.6).

Las cimentaciones se podrán realizar mediante zapatas monobloque o zapatas aisladas. En ambos casos se producirán dos momentos, uno debido al esfuerzo en punta y otro debido al viento sobre el apoyo.

Estarán situados los dos momentos, horizontalmente en el centro del apoyo y verticalmente a ras de tierra.

Momento debido al esfuerzo en punta

El momento debido al esfuerzo en punta "Mep" se obtiene:

$$M_{ep} = E_p \cdot H_L$$

Siendo:

E_p = Esfuerzo en punta (daN).
 H_L = Altura libre del apoyo (m).

Momento debido al viento sobre el apoyo

El momento debido al esfuerzo del viento sobre el apoyo "Mev" se obtiene:

$$M_{ev} = E_{va} \cdot H_v$$

Siendo:

E_{va} = Esfuerzo del viento sobre el apoyo (daN). Según apdo. 3.1.2.3 se obtiene:

$E_{va} = 170 \cdot (v/120)^2 \cdot \eta \cdot S$ (apoyos de celosía).

$E_{va} = 100 \cdot (v/120)^2 \cdot S$ (apoyos con superficies planas).

$E_{va} = 70 \cdot (v/120)^2 \cdot S$ (apoyos con superficies cilíndricas).

v = Velocidad del viento (Km/h).

S = Superficie definida por la silueta del apoyo (m²).

η = Coeficiente de opacidad. Relación entre la superficie real de la cara y el área definida por su silueta.

H_v = Altura del punto de aplicación del esfuerzo del viento (m). Se obtiene:

$$H_v = H/3 \cdot (d_1 + 2 \cdot d_2) / (d_1 + d_2) \text{ (m)}$$

H = Altura total del apoyo (m).

d_1 = anchura del apoyo en el empotramiento (m).

d_2 = anchura del apoyo en la cogolla (m).

1.6.1. Zapatas Monobloque.

Las zapatas monobloque están compuestas por macizos de hormigón de un solo bloque.

Momento de fallo al vuelco

Para que un apoyo permanezca en su posición de equilibrio, el momento creado por las fuerzas exteriores a él ha de ser absorbido por la cimentación, debiendo cumplirse por tanto:

$$M_f \geq 1,65 \cdot (M_{ep} + M_{ev})$$

Siendo:

M_f = Momento de fallo al vuelco. Momento absorbido por la cimentación (daN · m).

M_{ep} = Momento producido por el esfuerzo en punta (daN · m).

Mev = Momento producido por el esfuerzo del viento sobre el apoyo (daN · m).

Momento absorbido por la cimentación

El momento absorbido por la cimentación "Mf" se calcula por la fórmula de Sulzberger:

$$Mf = [139 \cdot C_2 \cdot a \cdot h^4] + [a^3 \cdot (h + 0,20) \cdot 2420 \cdot (0,5 - 2/3 \cdot \sqrt{(1,1 \cdot h/a \cdot 1/10 \cdot C_2)})]$$

Siendo:

C_2 = Coeficiente de compresibilidad del terreno a la profundidad de 2 m (daN/cm³).

a = Anchura del cimiento (m).

h = Profundidad del cimiento (m).

1.6.2. Zapatas Aisladas.

Las zapatas aisladas están compuestas por un macizo de hormigón para cada pata del apoyo.

Fuerza de rozamiento de las tierras

Cuando la zapata intenta levantar un volumen de tierra, este opone una resistencia cuyo valor será:

$$Frt = \delta_t \cdot \sum (\gamma^2 \cdot L) \cdot \text{tg} [\phi/2]$$

Siendo:

δ_t = Densidad de las tierras de que se trata (1600 daN/ m³).

γ = Longitudes parciales del macizo, en m.

L = Perímetro de la superficie de contacto, en m.

ϕ = Angulo de las tierras (generalmente = 45°).

Peso de la tierra levantada

El peso de la tierra levantada será:

$$P_t = V_t \cdot \delta_t, \text{ en daN.}$$

Siendo:

$V_t = 1/3 \cdot h \cdot (S_s + S_i + \sqrt{(S_s \cdot S_i)})$; volumen de tierra levantada, que corresponde a un tronco de pirámide, en m³ .

δ_t = Densidad de la tierra, en daN/ m³ .

h = Altura del tronco de pirámide de la tierra levantada, en m.

S_s = Superficie superior del tronco de pirámide de la tierra levantada, en m² .

S_i = Superficie inferior del tronco de pirámide de la tierra levantada, en m² .

Al volumen de tierra " V_t ", habrá que quitarle el volumen del macizo de hormigón que hay enterrado.

Peso del macizo de hormigón

El peso del macizo de hormigón de la zapata será:

$$P_h = V_h \cdot \delta_h, \text{ en daN.}$$

Siendo:

δ_h = Densidad del macizo de hormigón, en daN/ m³ .

$V_h = \sum V_{hi}$; los volúmenes " V_{hi} " pueden ser cubos, pirámides o troncos de pirámide, en m³ .

$V_i = 1/3 \cdot h \cdot (S_s + S_i + \sqrt{(S_s \cdot S_i)})$; volumen del tronco de pirámide, en m^3 .

$V_i = 1/3 \cdot h \cdot S$; volumen de la pirámide, en m^3 .

$V_i = h \cdot S$; volumen del cubo, en m^3 .

h = Altura del cubo, pirámide o tronco de pirámide, en m.

S_s = Superficie superior del tronco de pirámide, en m^2 .

S_i = Superficie inferior del tronco de pirámide, en m^2 .

S = Superficie de la base del cubo o pirámide, en m^2 .

Esfuerzo vertical debido al esfuerzo en punta

El esfuerzo vertical que tiene que soportar la zapata debido al esfuerzo en punta "Fep" se obtiene:

$F_{ep} = 0,5 \cdot (M_{ep} + M_{ev} \cdot f) / \text{Base}$, en daN.

Siendo:

M_{ep} = Momento producido por el esfuerzo en punta, en daN · m.

M_{ev} = Momento producido por el esfuerzo del viento sobre el apoyo, en daN · m.

f = Factor que vale 1 si el coeficiente de seguridad del apoyo es normal y 1,25 si el coeficiente de seguridad es reforzado.

Base = Base del apoyo, en m.

Esfuerzo vertical debido a los pesos

Sobre la zapata actuarán esfuerzos verticales debidos a los pesos, el valor será:

$F_V = T_V / 4 + P_a / 4 + P_t + P_h$, en daN.

Siendo:

T_V = Esfuerzos verticales del cálculo de los apoyos, en daN.

P_a = Peso del apoyo, en daN.

P_t = Peso de la tierra levantada, en daN.

P_h = Peso del hormigón de la zapata, en daN.

Esfuerzo total sobre la zapata

El esfuerzo total que actúa sobre la zapata será:

$F_T = F_{ep} + F_V$, en daN.

Siendo:

F_{ep} = Esfuerzo debido al esfuerzo en punta, en daN.

F_V = Esfuerzo debido a los esfuerzos verticales, en daN.

Comprobación de las zapatas

Si el esfuerzo total que actúa sobre la zapata tiende a levantar el macizo de hormigón, habrá que comprobar el coeficiente de seguridad "Cs", cuyo valor será:

$Cs = (F_V + F_{rt}) / F_{ep} > 1,5$.

Si el esfuerzo total que actúa sobre la zapata tiende a hundir el macizo de hormigón, habrá que comprobar que el terreno tiene la debida resistencia "Rt", cuyo valor será:

$$R_t = F_T / S, \text{ en daN/cm}^2.$$

Siendo:

F_V = Esfuerzo debido a los esfuerzos verticales, en daN.

F_{rt} = Esfuerzo de rozamiento de las tierras, en daN.

F_{ep} = Esfuerzo debido al esfuerzo en punta, en daN.

F_T = Esfuerzo total sobre la zapata, en daN.

S = Superficie de la base del macizo, en cm^2 .

1.7. CADENA DE AISLADORES.

1.7.1. Cálculo eléctrico

El grado de aislamiento respecto a la tensión de la línea se obtiene colocando un número de aisladores suficiente "NAis", cuyo número se obtiene:

$$NAis = N_{ia} \cdot U_{me} / L_{lf}$$

Siendo:

NAis = número de aisladores de la cadena.

N_{ia} = Nivel de aislamiento recomendado según las zonas por donde atraviesa la línea (cm/kV).

U_{me} = Tensión más elevada de la línea (kV).

L_{lf} = Longitud de la línea de fuga del aislador elegido (cm).

1.7.2. Cálculo mecánico

Mecánicamente, el coeficiente de seguridad a la rotura de los aisladores "Csm" ha de ser mayor de 3. El aislador debe soportar las cargas normales que actúan sobre él.

$$C_{smv} = Q_a / (P_v + P_{ca}) > 3$$

Siendo:

C_{smv} = coeficiente de seguridad a la rotura de los aisladores con cargas normales.

Q_a = Carga de rotura del aislador (daN).

P_v = El esfuerzo vertical transmitido por los conductores al aislador (daN).

P_{ca} = Peso de la cadena de aisladores y herrajes (daN).

El aislador debe soportar las cargas anormales que actúan sobre él.

$$C_{smh} = Q_a / (T_{oh} \cdot n_{cf}) > 3$$

Siendo:

C_{smh} = coeficiente de seguridad a la rotura de los aisladores con cargas anormales.

Q_a = Carga de rotura del aislador (daN).

T_{oh} = Tensión horizontal máxima en las condiciones más desfavorables (daN).

n_{cf} = número de conductores por fase.

1.7.3. Longitud de la cadena

La longitud de la cadena L_{ca} será:

$$L_{ca} = NAis \cdot LAis \text{ (m)}$$

Siendo:

L_{ca} = Longitud de la cadena (m).

NAis = número de aisladores de la cadena.

LAis = Longitud de un aislador (m).

1.7.4. Peso de la cadena

El peso de la cadena Pca será:

$$Pca = NAis \cdot PAis \text{ (daN)}$$

Siendo:

Pca = Peso de la cadena (daN).

NAis = número de aisladores de la cadena.

PAis = Peso de un aislador (daN).

1.7.5. Esfuerzo del viento sobre la cadena

El esfuerzo del viento sobre la cadena Eca será:

$$Eca = k \cdot (DAis / 1000) \cdot Lca \text{ (daN)}$$

Siendo:

Eca = Esfuerzo del viento sobre la cadena (daN).

$k = 70 \cdot (v/120)^2$. Según apdo 3.1.2.2.

v = Velocidad del viento (Km/h).

DAis = Diámetro máximo de un aislador (mm).

Lca = Longitud de la cadena (m).

1.8. DISTANCIAS DE SEGURIDAD.

1.8.1. Distancia de los conductores al terreno

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno o superficies de agua no navegables a una altura mínima de:

$$D = Dadd + Del = 5,3 + Del \text{ (m)}, \text{ mínimo } 6 \text{ m.}$$

Siendo:

Dadd = Distancia de aislamiento adicional (m).

Del = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido, según tabla 15 del apdo. 5.2 (m).

1.8.2. Distancia de los conductores entre sí

La distancia de los conductores entre sí "D" debe ser como mínimo:

$$D = k \cdot \sqrt{(F + L)} + k' \cdot Dpp \text{ (m).}$$

Siendo:

k = Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, según tabla 16 del apdo. 5.4.1.

L = Longitud de la cadena de suspensión (m). Si la cadena es de amarre L=0.

F = Flecha máxima (m).

k' = 0,75.

Dpp = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido, según tabla 15 del apdo. 5.2 (m).

1.8.3. Distancia de los conductores al apoyo

La distancia mínima de los conductores al apoyo "ds" será de:

$d_s = Del$ (m), mínimo de 0,2 m.

Siendo:

Del = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido, según tabla 15 del apdo. 5.2 (m).

1.9. ANGULO DE DESVIACION DE LA CADENA DE SUSPENSION.

Debido al esfuerzo del viento sobre los conductores, las cadenas de suspensión en apoyos de alineación y de ángulo sufren una desviación respecto a la vertical. El ángulo máximo de desviación de la cadena " γ " no podrá ser superior al ángulo " μ " máximo permitido para que se mantenga la distancia del conductor al apoyo.

$tg \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-X^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = E_{tv} / P_t$, en apoyos de alineación.

$tg \gamma = (P_v \cdot \cos[(180-\alpha)/2] + R_{av} + E_{ca}/2) / (P_{-X^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = E_{tv} / P_t$, en apoyos de ángulo.

Siendo:

$tg \gamma$ = Tangente del ángulo que forma la cadena de suspensión con la vertical, al desviarse por la acción del viento.

P_v = Esfuerzo de la mitad de la presión de viento sobre el conductor (120 km/h) (daN).

E_{ca} = Esfuerzo de la mitad de la presión de viento sobre la cadena de aisladores y herrajes (120 km/h) (daN).

$P_{-X^\circ C+V/2}$ = Peso total del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de una T^a X (-5 °C en zona A, -10 °C en zona B, -15 °C en zona C) con sobrecarga mitad de la presión de viento (120 km/h) (daN).

P_{ca} = Peso de la cadena de aisladores y herrajes (daN).

α = Ángulo que forman los conductores de la línea (gr. sexa.).

R_{av} = Resultante de ángulo en las condiciones de -5 °C en zona A, -10 °C en zona B y -15 °C en zona C con sobrecarga mitad de la presión de viento (120 km/h) (daN).

Si el valor del ángulo de desviación de la cadena " γ " es mayor del ángulo máximo permitido " μ ", se deberá colocar un contrapeso de valor:

$$G = E_{tv} / tg \mu - P_t$$

1.10. DESVIACION HORIZONTAL DE LAS CATENARIAS POR LA ACCION DEL VIENTO.

$$d_H = z \cdot \text{sen} \alpha$$

Siendo:

d_H = Desviación horizontal de las catenarias por la acción del viento (m).

z = Distancia entre el punto de la catenaria y la recta de unión de los puntos de sujeción (m).

α = Ángulo que forma la resultante del viento con el peso propio del conductor.

Línea Alta Tensión 1

2. DATOS GENERALES DE LA INSTALACION.

Tensión de la línea: 20 kV.
Tensión más elevada de la línea: 24 kV.
Velocidad del viento: 120 km/h.
Zonas: B.

CONDUCTOR.

Denominación: 100-AL1/17-ST1A.
Sección: 116.7 mm².
Diámetro: 13.8 mm.
Carga de Rotura: 3433 daN.
Módulo de elasticidad: 7900 daN/mm².
Coeficiente de dilatación lineal: 19.1 · 10⁻⁶.
Peso propio: 0.404 daN/m.
Peso propio más sobrecarga de viento: 0,921 daN/m.
Peso propio más sobrecarga con la mitad del viento: 0,578 daN/m.
Peso propio más sobrecarga de hielo (Zona B): 1,073 daN/m.
Peso propio más sobrecarga de hielo (Zona C): 1,741 daN/m.

3. DISTANCIAS DE SEGURIDAD.

3.1. Distancia de los conductores al terreno

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno o superficies de agua no navegables a una altura mínima de.

$$dst_{des} = Dadd + Del = 5,3 + 0,22 = 5,52 \text{ m.}; \text{mínimo } 6\text{m.}$$

$$dst_{des} = 7 \text{ m.}$$

$$dst_{ais} = 6 \text{ m.}$$

$$dst_{rec} = 6 \text{ m.}$$

Siendo:

Dadd = Distancia de aislamiento adicional, para asegurar el valor Del con el terreno.

Del = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido.

3.2. Distancia de los conductores entre sí

La distancia de los conductores entre sí D debe ser como mínimo:

$$D_{des} = k \cdot \sqrt{(F + L)} + k' \cdot Dpp$$

$$D_{rec} = 1/3 \cdot k \cdot \sqrt{(F + L)} + k' \cdot Dpp$$

Siendo:

k = Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, según tabla 16 del apdo. 5.4.1.

L = Longitud de la cadena de suspensión (m). Si la cadena es de amarre L=0.

F = Flecha máxima (m).

D_{pp} = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido.

apoyo 1

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(3,18 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,26 \text{ m}$$

apoyo 2

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(3,95 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,38 \text{ m}$$

apoyo 3

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(3,95 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,38 \text{ m}$$

apoyo 4

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(5,09 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,54 \text{ m}$$

apoyo 5

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(5,09 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,54 \text{ m}$$

apoyo 6

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(4,94 + 0,56)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,59 \text{ m}$$

apoyo 7

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(5,17 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,55 \text{ m}$$

apoyo 8

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(5,67 + 0,56)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,69 \text{ m}$$

apoyo 9

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(6,81 + 0,56)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,82 \text{ m}$$

apoyo 10

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(6,81 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,75 \text{ m}$$

3.3. Distancia de los conductores al apoyo

La distancia mínima de los conductores al apoyo d_{sa} será de:

$$d_{sa} = Del = 0,22 \text{ m.}; \text{mínimo } 0,2 \text{ m.}$$

$$d_{sa} = 0,22 \text{ m.}$$

Siendo:

Del = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido.

4. ANGULO DE DESVIACION DE LA CADENA DE SUSPENSION.

Debido al esfuerzo del viento sobre los conductores, las cadenas de suspensión en los apoyos sufren una desviación respecto a la vertical. El ángulo máximo de desviación de la cadena α no podrá ser superior al ángulo β máximo permitido para que se mantenga la distancia del conductor al apoyo.

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-X^{\circ}C+V/2} + P_{ca}/2) = E_{tv} / P_t, \text{ en apoyos de alineación.}$$

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v \cdot \cos[(180-\alpha)/2] + R_{av} + E_{ca}/2) / (P_{-X^{\circ}C+V/2} + P_{ca}/2) = E_{tv} / P_t, \text{ en apoyos de ángulo.}$$

Siendo:

$\operatorname{tg} \gamma$ = Tangente del ángulo que forma la cadena de suspensión con la vertical, al desviarse por la acción del viento.

P_v = Esfuerzo de la mitad de la presión de viento sobre el conductor (120 km/h) (daN).

E_{ca} = Esfuerzo de la mitad de la presión de viento sobre la cadena de aisladores y herrajes (120 km/h) (daN).

$P_{-X^{\circ}C+V/2}$ = Peso total del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de una T^a X (- 5 °C en zona A, -10 °C en zona B, -15 °C en zona C) con sobrecarga mitad de la presión de viento (120 km/h) (daN).

P_{ca} = Peso de la cadena de aisladores y herrajes (daN).

α = Ángulo que forman los conductores de la línea (gr. sexa.).

R_{av} = Resultante de ángulo en las condiciones de -5 °C en zona A, -10 °C en zona B y -15 °C en zona C con sobrecarga mitad de la presión de viento (120 km/h) (daN).

Si el valor del ángulo de desviación de la cadena " γ " es mayor del ángulo máximo permitido " μ ", se deberá colocar un contrapeso de valor:

$$G = E_{tv} / \operatorname{tg} \mu - P_t$$

Apoyos con cadenas de suspensión.

apoyo 6

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^{\circ}C+V/2} + P_{ca}/2) = (47,87 + 0,8/2) / (47,69 + 2,2/2) = 0,99.$$

$$\gamma = 44,69^{\circ}$$

$$\mu = 66,87^{\circ}$$

apoyo 8

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^{\circ}C+V/2} + P_{ca}/2) = (72,17 + 0,8/2) / (60,51 + 2,2/2) = 1,18.$$

$$\gamma = 49,67^{\circ}$$

$$\mu = 66,87^{\circ}$$

apoyo 9

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^{\circ}C+V/2} + P_{ca}/2) = (77,4 + 0,8/2) / (83,91 + 2,2/2) = 0,92.$$

$$\gamma = 42,46^{\circ}$$

$$\mu = 66,87^{\circ}$$

5. CRUZAMIENTOS.

6. TENSIONES Y FLECHAS EN HIPOTESIS REGLAMENTARIAS.

Vano	Conductor	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Tensión Máxima							
					-5°C+V Toh(daN)	-10°C+V Toh(daN)	-15°C+H Toh(daN)	-15°C+H+V Toh(daN)	-15°C+V Toh(daN)	-20°C+H Toh(daN)	-20°C+H+V Toh(daN)	
1-2	100-AL1/17-ST1A	127,25	2,02	127,25		742,7	854,3					
2-3	100-AL1/17-ST1A	144,82	-0,02	144,82		741,4	854,6					
3-4	100-AL1/17-ST1A	49,11	5,99	49,11		752	848,2					
4-5	100-AL1/17-ST1A	166,88	6	166,88		735,5	849,8					
5-6	100-AL1/17-ST1A	161,03	0,09	139,86		741	853,8					
6-7	100-AL1/17-ST1A	70	-0,15	139,86		741	853,8					
7-8	100-AL1/17-ST1A	169,99	-2,42	181,95		735,6	850,7					
8-9	100-AL1/17-ST1A	178,03	2,58	181,95		735,6	850,7					
9-10	100-AL1/17-ST1A	195,08	-1,9	181,95		735,6	850,7					

Vano	Conductor	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Flecha Máxima						Hipótesis Flecha Mínima		
					15°C+V		50°C		0°C+H		-5°C F(m)	-15°C F(m)	-20°C F(m)
					Th(daN)	F(m)	Th(daN)	F(m)	Th(daN)	F(m)			
1-2	100-AL1/17-ST1A	127,25	2,02	127,25	638,8	2,92	257,7	3,18	781,4	2,78		1,91	
2-3	100-AL1/17-ST1A	144,82	-0,02	144,82	654,3	3,69	268,2	3,95	793,5	3,55		2,64	
3-4	100-AL1/17-ST1A	49,11	5,99	49,11	494,1	0,57	158,2	0,78	672	0,48		0,17	
4-5	100-AL1/17-ST1A	166,88	6	166,88	665,6	4,83	276,9	5,09	800,7	4,67		3,74	
5-6	100-AL1/17-ST1A	161,03	0,09	139,86	649,8	4,6	265,3	4,94	789,7	4,41		3,22	
6-7	100-AL1/17-ST1A	70	-0,15	139,86	649,8	0,87	265,3	0,93	789,7	0,83		0,61	
7-8	100-AL1/17-ST1A	169,99	-2,42	181,95	674,3	4,94	282,6	5,17	807,6	4,8		3,98	
8-9	100-AL1/17-ST1A	178,03	2,58	181,95	674,3	5,42	282,6	5,67	807,6	5,27		4,36	
9-10	100-AL1/17-ST1A	195,08	-1,9	181,95	674,3	6,51	282,6	6,81	807,6	6,33		5,24	

Vano	Conductor	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Cálculo Apoyos					Desviación Cadenas Aisladores		
					-5°C+V Th(daN)	-10°C+V Th(daN)	-15°C+H Th(daN)	-15°C+V Th(daN)	-20°C+H Th(daN)	-5°C+V/2 Th(daN)	-10°C+V/2 Th(daN)	-15°C+V/2 Th(daN)
1-2	100-AL1/17-ST1A	127,25	2,02	127,25		742,7	854,3				529,1	
2-3	100-AL1/17-ST1A	144,82	-0,02	144,82		741,4	854,6				514,8	
3-4	100-AL1/17-ST1A	49,11	5,99	49,11		752	848,2				681,1	
4-5	100-AL1/17-ST1A	166,88	6	166,88		735,5	849,8				498,5	
5-6	100-AL1/17-ST1A	161,03	0,09	139,86		741	853,8				517,7	
6-7	100-AL1/17-ST1A	70	-0,15	139,86		741	853,8				517,7	
7-8	100-AL1/17-ST1A	169,99	-2,42	181,95		735,6	850,7				492,8	
8-9	100-AL1/17-ST1A	178,03	2,58	181,95		735,6	850,7				492,8	
9-10	100-AL1/17-ST1A	195,08	-1,9	181,95		735,6	850,7				492,8	

7. TENSIONES Y FLECHAS DE TENDIDO.

Vano	Conductor	Long. (m)	Desni. (m)	V.Reg. (m)	-20°C		-15°C		-10°C		-5°C		0°C	
					T(daN)	F(m)								
1-2	100-AL1/17-ST1A	127,25	2,02	127,25			428	1,91	404,9	2,02	384,5	2,13	366,3	2,23
2-3	100-AL1/17-ST1A	144,82	-0,02	144,82			401,5	2,64	385	2,75	370	2,86	356,4	2,97
3-4	100-AL1/17-ST1A	49,11	5,99	49,11			730,9	0,17	650,9	0,19	573,4	0,21	500,2	0,25
4-5	100-AL1/17-ST1A	166,88	6	166,88			376,7	3,74	365,5	3,85	355,1	3,97	345,4	4,08
5-6	100-AL1/17-ST1A	161,03	0,09	139,86			407,3	3,22	389,2	3,37	373	3,51	358,4	3,66
6-7	100-AL1/17-ST1A	70	-0,15	139,86			407,3	0,61	389,2	0,64	373	0,66	358,4	0,69
7-8	100-AL1/17-ST1A	169,99	-2,42	181,95			367,3	3,98	358,2	4,08	349,7	4,18	341,8	4,27
8-9	100-AL1/17-ST1A	178,03	2,58	181,95			367,3	4,36	358,2	4,47	349,7	4,58	341,8	4,69
9-10	100-AL1/17-ST1A	195,08	-1,9	181,95			367,3	5,24	358,2	5,37	349,7	5,5	341,8	5,63

Vano	Conductor	Long. (m)	Desni. (m)	V.Reg. (m)	5°C		10°C		15°C		20°C		25°C	
					T(daN)	F(m)								
1-2	100-AL1/17-ST1A	127,25	2,02	127,25	350	2,34	335,5	2,44	322,3	2,54	310,5	2,64	299,7	2,73
2-3	100-AL1/17-ST1A	144,82	-0,02	144,82	344,1	3,08	332,8	3,18	322,4	3,29	312,8	3,39	304	3,49
3-4	100-AL1/17-ST1A	49,11	5,99	49,11	432,6	0,28	372,6	0,33	321,7	0,38	280	0,44	246,8	0,5
4-5	100-AL1/17-ST1A	166,88	6	166,88	336,4	4,19	328	4,29	320,2	4,4	312,9	4,5	306	4,6
5-6	100-AL1/17-ST1A	161,03	0,09	139,86	345,1	3,8	333	3,94	322	4,07	311,9	4,2	302,6	4,33
6-7	100-AL1/17-ST1A	70	-0,15	139,86	345,1	0,72	333	0,74	322	0,77	311,9	0,79	302,6	0,82
7-8	100-AL1/17-ST1A	169,99	-2,42	181,95	334,2	4,37	327,2	4,46	320,5	4,56	314,2	4,65	308,3	4,74
8-9	100-AL1/17-ST1A	178,03	2,58	181,95	334,2	4,79	327,2	4,9	320,5	5	314,2	5,1	308,3	5,2
9-10	100-AL1/17-ST1A	195,08	-1,9	181,95	334,2	5,76	327,2	5,88	320,5	6	314,2	6,12	308,3	6,24

Vano	Conductor	Long. (m)	Desni. (m)	V.Reg. (m)	30°C		35°C		40°C		45°C		50°C		EDS
					T(daN)	F(m)									
1-2	100-AL1/17-ST1A	127,25	2,02	127,25	289,8	2,82	280,8	2,91	272,5	3	264,8	3,09	257,7	3,18	9,39
2-3	100-AL1/17-ST1A	144,82	-0,02	144,82	295,8	3,58	288,2	3,68	281,1	3,77	274,5	3,86	268,2	3,95	9,39
3-4	100-AL1/17-ST1A	49,11	5,99	49,11	220,6	0,56	199,8	0,61	183,1	0,67	169,5	0,72	158,2	0,78	9,37
4-5	100-AL1/17-ST1A	166,88	6	166,88	299,5	4,7	293,4	4,8	287,6	4,9	282,1	4,99	276,9	5,09	9,33
5-6	100-AL1/17-ST1A	161,03	0,09	139,86	294	4,46	286	4,58	278,6	4,71	271,7	4,83	265,3	4,94	9,38
6-7	100-AL1/17-ST1A	70	-0,15	139,86	294	0,84	286	0,87	278,6	0,89	271,7	0,91	265,3	0,93	9,38
7-8	100-AL1/17-ST1A	169,99	-2,42	181,95	302,6	4,83	297,2	4,92	292,1	5	287,2	5,09	282,6	5,17	9,34
8-9	100-AL1/17-ST1A	178,03	2,58	181,95	302,6	5,3	297,2	5,39	292,1	5,49	287,2	5,58	282,6	5,67	9,34
9-10	100-AL1/17-ST1A	195,08	-1,9	181,95	302,6	6,36	297,2	6,48	292,1	6,59	287,2	6,7	282,6	6,81	9,34

8. CALCULO DE APOYOS.

Apoyo	Tipo	Angulo Relativo gr.sex.	Hipótesis 1ª (Viento) (-5:A/-10:B/-15:C)°C+V				Hipótesis 2ª (Hielo) (-15:B/-20:C)°C+H					
			V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)		
1	Fin Línea		233,3	163	2.228			335,9		2.562,8		
2	Ang. Am.	82,5°; apo.1	258,9	924,4	3,7			557,6	667,1	1,2		
3	Ang. Am.	68,5°; apo.2	75,1	1.879,2	29,4			80,1	1.875,6	18		
4	Ang. Am.	53,6°; apo.3	330,5	2.875,4	39,7			680,8	3.023,9	3,8		
5	Ang. Am.	73,7°; apo.6	326,7	1.643,9	15,8			712,4	1.433,6	11,5		
6	Alin. Susp.		344,4	317,7				580,7				
7	Ang. Am.	75,2°; apo.8	250,6	1.432	15,8			510,9	1.308,8	9		
8	Alin. Susp.		385	476,3				689,2				

9	Alin. Susp.		451,8	510,4			865,5		
10	Fin Línea		315,6	247,7	2.206,7		496,3		2.552

Apoyo	Tipo	Angulo Relativo gr.sex.	Hipótesis 3ª (Desequilibrio de tracciones) (-5:A)°C+V (-15:B/-20:C)°C+H				Hipótesis 4ª (Rotura de conductores) (-5:A)°C+V (-15:B/-20:C)°C+H				Dist.Lt (m)	Dist.Min. Cond. (m)	
			V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)			
1	Fin Línea							281,1			854,3	1,5	1,26
2	Ang. Am.	82,5°; apo.1	557,6	617,2	381,3								1,38
3	Ang. Am.	68,5°; apo.2	80,1	1.741,5	357,7								1,38
4	Ang. Am.	53,6°; apo.3	680,8	2.799,7	307,7								1,54
5	Ang. Am.	73,7°; apo.6	712,4	1.329,2	368,8								1,54
6	Alin. Susp.		580,7		222,9								1,59
7	Ang. Am.	75,2°; apo.8	510,9	1.212,9	371,4								1,55
8	Alin. Susp.		689,2		222,1								1,69
9	Alin. Susp.		865,5		222,1								1,82
10	Fin Línea							399,7			1.134,2	1,5	1,75

9. APOYOS ADOPTADOS.

Apoyo	Tipo	Constitución	Coefic. Segur.	Angulo gr.sex.	Altura Total (m)	Esf. Nominal (daN)	Esf. Secund. (daN)	Esf.punta c.Tors. (daN)	Esf.Ver. s.Tors. (daN)	Esf.Ver. c.Tors. (daN)	Esfuer. Torsión (daN)	Dist. Torsión (m)	Peso (daN)
1	Fin Línea	Celosia recto	N		12	3.000		2.000	800	800	1.400	1,5	
2	Ang. Am.	Celosia recto	N	165°	14	2.000		1.150	600	600	1.400	1,5	
3	Ang. Am.	Celosia recto	N	136,9°	14	3.000		2.000	800	800	1.400	1,5	
4	Ang. Am.	Celosia recto	N	107,2°	16	4.500		3.000	800	800	1.400	1,5	
5	Ang. Am.	Celosia recto	N	147,4°	18	2.000		1.150	600	600	1.400	1,5	
6	Alin. Susp.	Horm. vib.	N		17	1.000 (T)	500 (L)				200	1,5	
7	Ang. Am.	Celosia recto	N	150,3°	16	2.000		1.150	600	600	1.400	1,5	
8	Alin. Susp.	Horm. vib.	N		13	630 (T)	360 (L)						
9	Alin. Susp.	Horm. vib.	N		17	630 (T)	360 (L)						
10	Fin Línea	Celosia recto	N		16	3.000		2.000	800	800	1.400	1,5	

10. CRUCETAS ADOPTADAS.

Apoyo	Tipo	Constitución	Montaje	D.Cond. Cruceta (m)	a Brazo Superior (m)	b Brazo Medio (m)	c Brazo Inferior (m)	d D.Vert. Brazos (m)	e D.eje jabalcón (m)	f D.ref. jabalcón (m)	g Altura Tirante (m)	Peso (daN)
1	Fin Línea	Celosia recto	Horizontal	1,5	1,5							65
2	Ang. Am.	Celosia recto	Horizontal	1,49	1,5							65
3	Ang. Am.	Celosia recto	Horizontal	1,4	1,5							65
4	Ang. Am.	Celosia recto	Horizontal	1,61	2							100
5	Ang. Am.	Celosia recto	Horizontal	1,68	1,75							80
6	Alin. Susp.	Horm. vib.	Bóveda Triang.	2,07	2	0,55	0,6	1	1,1			195
7	Ang. Am.	Celosia recto	Horizontal	1,69	1,75							80
8	Alin. Susp.	Horm. vib.	Bóveda Triang.	2,07	2	0,55	0,6	1	1,1			195
9	Alin. Susp.	Horm. vib.	Bóveda Triang.	2,07	2	0,55	0,6	1	1,1			195
10	Fin Línea	Celosia recto	Horizontal	2	2							100

11. CALCULO DE CIMENTACIONES.

Apoyo	Tipo	Esf.Util Punta (daN)	Alt.Libre Apoyo (m)	Mom.Producido por el conduc. (daN.m)	Esf.Vie. Apoyos (daN)	Alt.Vie. Apoyos (m)	Mom.Producido Viento Apoyos (daN.m)	Momento Total Fuerzas externas (daN.m)
1	Fin Línea	3.000	9,8	29.400	363,2	4,44	1.612,4	31.012,4
2	Ang. Am.	2.000	12	24.000	407,7	5,34	2.176,1	26.176,1
3	Ang. Am.	3.000	11,75	35.250	426,7	5,23	2.234	37.484
4	Ang. Am.	4.500	13,45	60.525	512,2	5,91	3.028,2	63.553,2
5	Ang. Am.	2.000	15,9	31.800	531,6	6,92	3.675,8	35.475,8
6	A.lin. Susp.	1.000 (T)	14,85	14.850	610,2	6,49	3.957,8	18.807,8
7	Ang. Am.	2.000	13,95	27.900	476,9	6,11	2.914,8	30.814,8
8	A.lin. Susp.	630 (T)	11,2	7.056	355,7	4,91	1.746,1	8.802,1
9	A.lin. Susp.	630 (T)	15,05	9.481,5	538,8	6,42	3.458,1	12.939,6
10	Fin Línea	3.000	13,7	41.100	510,2	6,01	3.067,7	44.167,7

Apoyo	Tipo	Ancho Cimen. A(m)	Alto Cimen. H(m)	MONOBLOQUE		ZAPATAS AISLADAS										
				Coefic. Comp. (daN/m³)	Mom.Absorbido por la cimentac. (daN.m)	Volum. Horm. (m³)	Peso Horm. (daN)	Volum. Tierra (m³)	Dens. Tierra (Kg/m³)	Peso Tierra (daN)	Esf.Roz. Tierra (daN)	Esf. Montan. (daN)	Esf. Vert. (daN)	Coef. Seg.	Res.Cálc. Tierra (daN/cm²)	
1	Fin Línea	1,18	2,45	8	51.358,51											
2	Ang. Am.	1,33	2,25	8	43.460,15											
3	Ang. Am.	1,3	2,5	8	62.090											
4	Ang. Am.	1,42	2,8	8	105.168,22											

5	Ang. Am.	1,49	2,35	8	58.734,01														
6	Alin. Susp.	0,81	2,4	8	31.189,04														
7	Ang. Am.	1,42	2,3	8	51.125,9														
8	Alin. Susp.	0,71	2,05	8	14.727,81														
9	Alin. Susp.	0,79	2,2	8	21.546,23														
10	Fin Línea	1,4	2,55	8	73.029,27														

12. CALCULO DE CADENAS DE AISLADORES.

Apoyo	Tipo	Denom.	Qa (daN)	Diam. Aisl. (mm)	Lif (mm)	Long. Aisl. (m)	Peso Aisl. (daN)
1	Fin Línea	U70YB20P	7.000	60	740	0,38	2,2
2	Ang. Am.	U70YB20P	7.000	60	740	0,38	2,2
3	Ang. Am.	U70YB20P	7.000	60	740	0,38	2,2
4	Ang. Am.	U70YB20P	7.000	60	740	0,38	2,2
5	Ang. Am.	U70YB20P	7.000	60	740	0,38	2,2
6	Alin. Susp.	U70YB20P	7.000	60	740	0,38	2,2
7	Ang. Am.	U70YB20P	7.000	60	740	0,38	2,2
8	Alin. Susp.	U70YB20P	7.000	60	740	0,38	2,2
9	Alin. Susp.	U70YB20P	7.000	60	740	0,38	2,2
10	Fin Línea	U70YB20P	7.000	60	740	0,38	2,2

Apoyo	Tipo	N.Cad.	Denom.	N.Ais.	Nia (cm/KV)	Lca (m)	L.Alarg. (m)	Pca (daN)	Eca (daN)	Pv+Pca (daN)	Csmv	Toh · ncf (daN)	Csmh
1	Fin Línea	3 C.Am.	U.70Y.B20P	1	1,7	0,56		2,2	1,6	56,96	122,89	854,25	8,19
2	Ang. Am.	6 C.Am.	U.70Y.B20P	1	1,7	0,56		2,2	1,6	84,1	83,23	854,64	8,19
3	Ang. Am.	6 C.Am.	U.70Y.B20P	1	1,7	0,56		2,2	1,6	79,87	87,64	854,64	8,19
4	Ang. Am.	6 C.Am.	U.70Y.B20P	1	1,7	0,56		2,2	1,6	132,31	52,91	849,75	8,24
5	Ang. Am.	6 C.Am.	U.70Y.B20P	1	1,7	0,56		2,2	1,6	122,57	57,11	853,75	8,2
6	Alin. Susp.	3 C.Su.	U.70Y.B20P	1	1,7	0,56		2,2	1,6	128,58	54,44	95,77	73,09
7	Ang. Am.	6 C.Am.	U.70Y.B20P	1	1,7	0,56		2,2	1,6	105,71	66,22	853,75	8,2
8	Alin. Susp.	3 C.Su.	U.70Y.B20P	1	1,7	0,56		2,2	1,6	164,72	42,5	144,38	48,48
9	Alin. Susp.	3 C.Su.	U.70Y.B20P	1	1,7	0,56		2,2	1,6	223,52	31,32	154,83	45,21
10	Fin Línea	3 C.Am.	U.70Y.B20P	1	1,7	0,56		2,2	1,6	98,75	70,88	850,65	8,23

13. CALCULO DE ESFUERZOS VERTICALES SIN SOBRECARGA.

Apoyo	Tipo	Esf.Vert. -20°C (daN)	Esf.Vert. -15°C (daN)	Esf.Vert. -5°C (daN)
1	Fin Línea		63,4	65,5
2	Ang. Am.		198,7	196,7
3	Ang. Am.		-136,8	-79,1
4	Ang. Am.		371,5	316,1
5	Ang. Am.		252,2	250
6	Alin. Susp.		150	149,8
7	Ang. Am.		171,9	171,4
8	Alin. Susp.		186,1	187,6
9	Alin. Susp.		259,9	258,7
10	Fin Línea		114,3	114,8

14. FLECHAS EN HIPOTESIS DE TRACCION MAXIMA.

Vano	Conductor	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Tensión Máxima								
					-5°C+V F(m)	-10°C+V F(m)	-15°C+H F(m)	-15°C+H+V F(m)	-15°C+V F(m)	-20°C+H F(m)	-20°C+H+V F(m)		
1-2	100-AL1/17-ST1A	127,25	2,02	127,25		2,51	2,54						
2-3	100-AL1/17-ST1A	144,82	-0,02	144,82		3,26	3,29						
3-4	100-AL1/17-ST1A	49,11	5,99	49,11		0,37	0,38						
4-5	100-AL1/17-ST1A	166,88	6	166,88		4,37	4,4						
5-6	100-AL1/17-ST1A	161,03	0,09	139,86		4,03	4,08						
6-7	100-AL1/17-ST1A	70	-0,15	139,86		0,76	0,77						
7-8	100-AL1/17-ST1A	169,99	-2,42	181,95		4,53	4,56						
8-9	100-AL1/17-	178,03	2,58	181,95		4,97	5						

	ST1A										
9-10	100-AL1/17- ST1A	195,08	-1,9	181,95		5,97	6,01				

ANEXO CÁLCULOS ELÉCTRICOS

1. PUESTA A TIERRA DE LOS APOYOS

- Uc**, es la máxima tensión de contacto admisible en la instalación en V.
- Uca**, es la tensión de contacto aplicada admisible, tensión a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre una mano y los pies
- Ra1**, es la resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante. Se puede emplear como valor 2000 Ω .
- Ra2**, es, la resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno de un pie. $Ra2 = 3.ps$, siendo ps la resistividad del suelo cerca de la superficie.
- ZB**, es la impedancia del cuerpo humano. Se considerará un valor de 1000 Ω .

1.1. APOYOS CON MANIOBRA (1,2)

- Tensión nominal de la línea: $U_n = 13,2KV < 20KV$
- Intensidad máxima de falta a tierra: $I_{1F} = 4.500 A$
- Resistividad del terreno: $\rho = 200\Omega.m$
- Características de actuación de las protecciones: $I'_{1F}.t = 400$

Con los datos anteriores, se diseña la puesta a tierra para un apoyo cuya cimentación (dado de hormigón), sea de dimensiones 1,2 m x 1,2 m para el apoyo 1 y 1,6 m x 1,6 m para el apoyo 10.

Solución: Electrodo CPT-LA-32/05 del MT 2.23.35 (FEB 14) para el apoyo 1 y CPT-LA-36/1 para el apoyo 10

Tipo de apoyo:

Apoyo frecuentado con calzado (maniobra)

Para el apoyo 1 que es el más desfavorable
(Tabla 5, Apartado 5.3.4.3 punto 2 del MT)

$$K_r = 0,113 \frac{\Omega}{\Omega.m}$$

- Resistencia de tierra**

$$R_t = K_r \cdot \rho(\Omega) = 0,113 \cdot 200 = 22,6\Omega$$

Reactancia equivalente de la subestación

$$X_{LTH} = 1,863 \Omega \text{ (Tabla 8, apartado 5.3.4.3 punto 3 del MT)}$$

□ Cálculo de la intensidad de la corriente de puesta a tierra en el apoyo

$$I'_{1F} = \frac{1,1U_n}{\sqrt{3}\sqrt{X_{LTH}^2 + R_t^2}} = 369,68 \text{ A}$$

□ Cálculo de la **tensión de contacto admisible** en la instalación

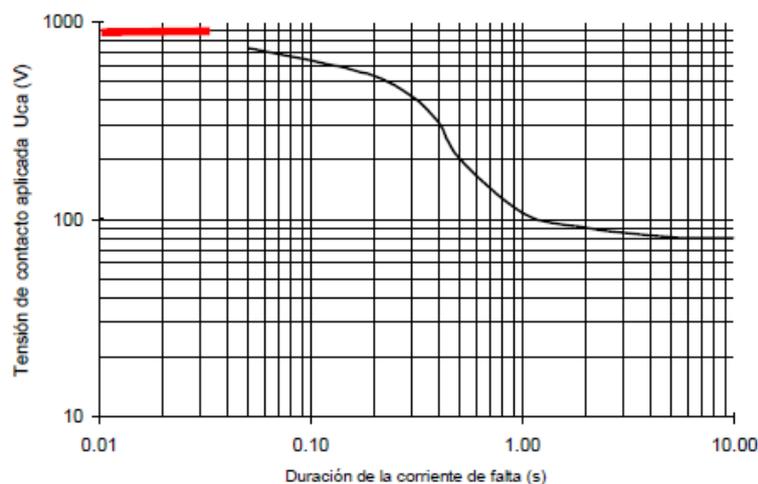
$$K_c = 0,035 \frac{V}{A \cdot (\Omega/m)} \text{ (Tabla 9, Apartado 5.3.4.3 punto 4 del MT)}$$

$$U'_c = K_c \cdot \rho \cdot I'_F = 2.587,76 \text{ V}$$

□ Cálculo de la **tensión de contacto aplicada**

$$U'_{CA} = \frac{U'_c}{1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2 \cdot Z_b}} = 1.125,11 \text{ V (Apartado 5.3.4.3 punto 6 del MT)}$$

□ Determinación de la duración de la corriente de falta (tiempo de actuación de las protecciones) que garantiza el cumplimiento del RLAT (Apartado 5.3.4.3 punto 7 del MT)



Según la gráfica el tiempo de actuación de las protecciones para el valor de resultaría de 0.02 segundos, pero nunca se consideran tiempos inferiores de 0,1 s., por lo que finalmente las protecciones deberían actuar en menos de 0,1 s.

- Verificación del sistema de puesta a tierra elegido (Apartado 5.3.4.3 punto 8 del MT)

El tiempo de actuación de la protección es:

$$t = \frac{400}{I_F'} = 1,08\text{S}$$

Como $t > 0,1 \text{ S}$, no se cumple con el requisito reglamentario.

Se adoptan medidas adicionales para que la tensión de contacto aplicada sea cero y se verifica el cumplimiento de la tensión de paso, según el RCE.

- o Apoyo frecuentado con calzado, con los dos pies en el terreno:

$$K_{p1} = 0,023 \frac{V}{A \cdot (\Omega/m)}$$

(Tabla 11, Apartado 5.3.4.3 punto 9 del MT)

$$U_{p1}' = K_{p1} \cdot \rho \cdot I_F' = 1.700,53\text{V}$$

- o Apoyo frecuentado con calzado, con un pie en la acera y el otro en el terreno:

$$K_{p2} = 0,065 \frac{V}{A \cdot (\Omega/m)}$$

(Tabla 13, Apartado 5.3.4.3 punto 9 del MT)

$$U_{p2}' = K_{p2} \cdot \rho \cdot I_F' = 4.805,84\text{V}$$

- Determinación de la duración de la corriente de falta (tiempo de actuación de las protecciones) que garantiza el cumplimiento de la tensión de paso.

Tensión máxima aplicada a la persona:

- o Apoyo frecuentado con calzado, con los dos pies en el terreno:

(Apartado 5.3.4.3, punto 10 del MT)

$$U'_{pA1} = \frac{U'_{p1}}{1 + \frac{2R_{a1} + 6 \cdot \rho_S}{Z_b}} = 274,3 \text{ V}$$

- o Apoyo frecuentado con calzado, con un pie en la acera y el otro en el terreno:

(Apartado 5.3.4.3, punto 10 del MT)

$$U'_{pA2} = \frac{U'_{p2}}{1 + \frac{2R_{a1} + 3 \cdot \rho_s + 3 \cdot \rho_h}{Z_b}} = 329,17 \text{ V}$$

El tiempo de actuación de la protección es:

$$t = \frac{400}{I'_F} = 1,08 \text{ S}$$

Según el RCE, el valor de la tensión de paso aplicada máxima admisible no será superior a:

$$U_{p adm} = 10 \frac{K}{t^n} = 774,2 \text{ V}$$

siendo $K = 78,5$ y $n = 0,18$ para tiempos superiores a 0,9 segundos e inferiores a 3 segundos.

Como,

$$U'_{pA1} = 274,3 \text{ V} < 774,2 \text{ V}$$

y

$$U'_{pA2} = 329,17 \text{ V} < 774,2 \text{ V}$$

el electrodo considerado, CPT-LA- 32/0,5, cumple con el requisito reglamentario.

Además el electrodo seleccionado presenta una resistencia de valor,

$R_t = K_r \cdot \rho = 22,6 \Omega$ valor inferior al exigido $< 50 \Omega$, según se especifica en el apartado 5.3.4.3, punto 2.

1.2. APOYO NO FRECUENTADOS (EL RESTO)

- Tensión nominal de la línea: $U_n = 13,2 \text{ KV} < 20 \text{ KV}$
- Intensidad máxima de falta a tierra: $I_{1F} = 4.500 \text{ A}$
- Resistividad del terreno: $\rho = 200 \Omega \cdot m$
- Características de actuación de las protecciones: $I'_{1F} \cdot t = 400$

Para este caso se elige un electrodo formado por 1 pica

(Tabla 5, Apartado 5.3.4.3 punto 2 del MT)

$$K_r = 0,604 \Omega/\Omega\text{m}$$

□ **Resistencia de tierra**

$$R_t = K_r \rho(\Omega) = 0,604 \cdot 200 = 120,8 \Omega$$

Reactancia equivalente de la subestación

$$X_{LTH} = 1,863 \Omega \text{ (Tabla 8, apartado 5.3.4.3 punto 3 del MT)}$$

□ **Cálculo de la intensidad de la corriente de puesta a tierra en el apoyo**

$$I'_{1F} = \frac{1,1 U_n}{\sqrt{3} \sqrt{X_{LTH}^2 + R_t^2}} = 69,39 \text{ A}$$

□ La protección automática, instalada para el caso de faltas a tierra, para la intensidad máxima de defecto a tierra ($I'_{1F} = I_{1F} = 4.500 \text{ A}$), actúa en un tiempo de $0,09 \text{ S} < 1 \text{ S}$.

Para un valor de la intensidad de defecto de $69,39 \text{ A}$, el tiempo de actuación de la protección será:
 $5,76 \text{ S} < 10 \text{ S}$.

En nuestro caso, con la característica proporcionada de las protecciones se cumple, tal como especifica el apartado 7.3.4.3 de la ITC LAT-07 del RLAT, que:

El tiempo de actuación de las protecciones es inferior a 1 s (para la corriente máxima de defecto a tierra).

El electrodo utilizado, con valor de resistencia de puesta a tierra menor o igual de 150Ω , es válido para garantizar la actuación automática de las protecciones en caso de defecto a tierra.

2. CÁLCULOS ELÉCTRICOS LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN

2.1. DENSIDAD MÁXIMA DE CORRIENTE ADMISIBLE

La densidad máxima de corriente admisible en régimen permanente para corriente alterna y frecuencia de 50 Hz se deduce del apartado 4.2 de la ITC-LAT 07 del RLAT.

De la tabla 11 del citado apartado, para los conductores 100-AL1/17-ST1A del presente Proyecto dicho valor es 2,983 A/mm². Por la composición del cable, el coeficiente reductor a aplicar será 0,937, con lo que tenemos una densidad máxima de corriente para el conductor de 2,795 A/mm²

Por lo tanto la intensidad máxima admisible es $I_{\text{máx}} = 326,18$ A.

2.2. REACTANCIA APARENTE

La reactancia kilométrica de la línea, se calcula empleando la siguiente fórmula:

$$X = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \text{ (}\Omega/\text{km)}$$

A efectos de simplificación y por ser valores muy próximos, con independencia de la separación entre conductores, emplearemos el valor de $X = 0,379$ Ω/km .

2.3. CAÍDA DE TENSIÓN

La caída de tensión por resistencia y reactancia de una línea (despreciando la influencia de la capacidad y la perditancia) viene dada por la fórmula:

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

donde:

ΔU	Caída de la tensión compuesta, expresada en V
I	Intensidad de la línea en A
X	Reactancia por fase en Ω/km
R	Resistencia por fase en Ω/km
Φ	Angulo de desfase
L	Longitud de la línea en kilómetros.

teniendo en cuenta que:

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

donde:

P Potencia transportada en kilovatios.

U Tensión compuesta de la línea en kilovoltios.

La caída de tensión en tanto por ciento de la tensión compuesta es:

$$\Delta U(\%) = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2 \cdot \text{Cos} \varphi} (R \cdot \text{Cos} \varphi + X \cdot \text{tg} \varphi) = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2} (R + X \cdot \text{tg} \varphi)$$

2.4. PÉRDIDA DE POTENCIA

La pérdida de potencia en tanto por ciento viene dada por la fórmula:

$$\Delta P = \frac{PLR}{10U^2(\text{cos} \varphi)^2}$$

donde:

P Potencia activa, expresada en KW

U = Tensión compuesta (KV)

R Resistencia por fase en Ω /km

φ Angulo de desfase

L Longitud de la línea en kilómetros.

Para $\text{Cos} \varphi = 0,9$

$$\Delta P = 20328 \times 10^{-4} \times PL$$

2.5. POTENCIA A TRANSPORTAR

La potencia que puede transportar la línea está limitada por la intensidad máxima determinada anteriormente y por la caída de tensión, que no deberá exceder del 5%.

La máxima potencia a transportar limitada por la intensidad máxima es:

$$P_{\text{máx}} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{\text{máx}} \cdot \text{Cos} \varphi$$

Como la intensidad máxima es 326,18 A, tendremos que para un factor de potencia del 0,9 la potencia máxima que puede transportar la línea en función de la tensión nominal será: 6.703,83 KW.

3. CÁLCULOS ELÉCTRICOS LÍNEAS SUBTERRÁNEAS DE MEDIA TENSIÓN

3.1 LÍNEA DE SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN

TRAMO 1

ORIGEN: Celda de salida en CT

FINAL: Paso de subterráneo a aéreo en apoyo de inicio de línea aérea

LONGITUD: 40 m

TIPO DE CONDUCTOR: HEPRZ1 12/20 KV 3(1X150mm² Al + H16 Cu)

TENSIÓN DE RED: 13,2 KV

TRAMO 2

ORIGEN: Paso de aéreo a subterráneo en apoyo de inicio de línea aérea

FINAL: Celda de salida en CT.

LONGITUD: 80 m

TIPO DE CONDUCTOR: HEPRZ1 12/20 KV 3(1X150mm² Al + H16 Cu)

TENSIÓN DE RED: 13,2 KV

Para determinar la sección de los conductores habrá que considerar varios factores, comentados en los subapartados siguientes.

3.2 PREVISIÓN DE CARGAS PARA MEDIA TENSIÓN

Supondremos la previsión de cargas como la potencia máxima instalada en el Centro de Transformación de llegada, que es de 2 X 1.600 KVA.

3.3 CÁLCULOS

3.3.1 INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

Teniendo en cuenta las características de nuestra instalación, la intensidad efectiva que circularía por cada una de las líneas sería, de la fórmula

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi}$$

Donde:

P = Potencia (KW) = 2.880

U = Tensión de línea (KV) = 13,2

I = Intensidad (A)

$\cos\varphi = 0,9$

Sale una intensidad de 140,13 A

La intensidad máxima admisible en los cables de sección 150 mm², como el que se empleará en instalación, según la tabla 12 de ITC 06 de RLAT es de 255 A para tendidos subterráneos bajo tubo.

No se le aplica ningún coeficiente de corrección

Así, la intensidad máxima disponible para el cable elegido sería

255 > 140,13 A

3.3.2 CAIDA DE TENSIÓN

$$\Delta U = \sqrt{3}LI(R \cos\varphi + X \operatorname{sen}\varphi)$$

Donde:

ΔU = caída de tensión (V)

L = Longitud (Km) =

I = Intensidad (A) = 140,13

R = Resistencia a temperatura de servicio (105°C) (Ohm/Km) = 0,169

$\cos\varphi = 0,9$

X = Inductancia (Ohm/Km) = 0,105

$\operatorname{sen}\varphi = 0,43$

La caída de tensión en tanto por ciento de la tensión compuesta será:

$$\Delta U = P * \frac{L}{10U^2} (R + X \operatorname{tg}\varphi)$$

3.3.3 PÉRDIDA DE POTENCIA

La pérdida de potencia en tanto por ciento viene dada por la fórmula:

$$\Delta P = \frac{PLR}{10U^2(\cos\varphi)^2}$$

Donde:

P Potencia activa, expresada en KW

U = tensión compuesta (KV)

L = Longitud (Km)

R = Resistencia a temperatura de servicio (105°C) (Ohm/Km) = 0,169

$$\cos\varphi = 0,9$$

La pérdida de potencia en tanto por ciento en la parte no aérea será:

$$\text{TRAMO 1} = 0,182$$

$$\text{TRAMO 2} = 0,364$$

Y para el total de los tramos en alta tensión = 1,2848

3.3.4 INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE DURANTE EL CORTOCIRCUITO

Para el cálculo de la sección mínima necesaria por intensidad de cortocircuito será necesario conocer la potencia de cortocircuito S_{cc} existente en el punto de la red donde ha de alimentar el cable subterráneo para obtener a su vez la intensidad de cortocircuito. El valor proporcionado por la Compañía Distribuidora en el punto de conexión es de 12 kA en un cortocircuito trifásico para la tensión nominal de 13,2 kV.

Con la fórmula

$$I_{cc} = KxS / \sqrt{t_{cc}}$$

Donde:

I_{cc} = corriente de cortocircuito (A)

S = Sección del conductor (mm²)

K = Coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de las temperaturas al inicio y al final del cortocircuito.

t_{cc} = Duración del cortocircuito (S).

Para un tiempo de desconexión de 1 S, para el tipo de cable que tenemos, de la tabla 26 de la ITC 06, tenemos 89 A/mm² de densidad de corriente admisible.

Para nuestro cable son 13.350 A > 12.000 A

Luego sería válido el cable por este criterio también.

3.3.5 INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO MÁXIMA ADMISIBLE EN LA PANTALLA DEL CABLE DE AISLAMIENTO SECO

Según ITC-LAT 06 en el apartado 6.3, el dimensionamiento mínimo de la pantalla permitirá el paso de una intensidad mínima de 1.000A durante 1 segundo, esto siguiendo la UNE 211003 aplicando el método indicado en UNE 21192.

Según la tabla 25 de MT 2.31.01 la pantalla de 16 mm² de Cu de cable con aislamiento HEPR soporta 2120 A durante 1 s, luego cumple.

3.3.6 RESULTADOS OBTENIDOS

CAÍDAS DE TENSIÓN LÍNEA SUBTERRÁNEA POTENCIA MÁXIMA CONDUCTOR											
A 105° C											
Tensión (V)	Tramo	Long (m)	Pot (kW)	Int (A)	Sección (mm ²)		Caída (V)	Caída (%)	Caída ant	Caída Total	Long Acumulada (m)
13200	LSMT 1	40,00	5.240,80	254,70	150	HEPR-Z1 12/20 Kv	14,45	0,11%	0,00%	0,11%	40
13200	LSMT 2	80,00	5.240,80	254,70	150	HEPR-Z1 12/20 Kv	28,90	0,22%	0,00%	0,22%	120,00

CAÍDAS DE TENSIÓN LÍNEA SUBTERRÁNEA POTENCIA MÁXIMA INSTALADA											
A 105° C											
Tensión (V)	Tramo	Long (m)	Pot (kW)	Int (A)	Sección (mm ²)		Caída (V)	Caída (%)	Caída ant	Caída Total	Long Acumulada (m)
13200	LSMT	40,00	2.880,00	139,96	150	HEPR-Z1 12/20 Kv	7,94	0,06%	0,00%	0,06%	40
13200	LSMT	80,00	2.880,00	139,96	150	HEPR-Z1 12/20 Kv	15,88	0,12%	0,00%	0,12%	80

CAÍDAS DE TENSIÓN LÍNEA AÉREA POTENCIA MÁXIMA CONDUCTOR											
Tramo	Long (m)	Pot (kW)	Int (A)	Sección (mm ²)		c.d.t.	c.d.t. (%)	c.d.t. Ant.(%)	c.d.t. Total (%)	Pérdida Potencia	Pérdida Potencia Total
ENTRONQUE - APOYO 1	1262,00	6.703,83	326,18	100-AL1/17-ST1A		191,89	1,45%	0,00%	1,45%	1,7198	1,7198

CAÍDAS DE TENSIÓN LÍNEA AÉREA POTENCIA MÁXIMA INSTALADA											
Tramo	Long (m)	Pot (kW)	Int (A)	Sección (mm ²)		c.d.t.	c.d.t. (%)	c.d.t. Ant.(%)	c.d.t. Total (%)	Pérdida Potencia	Pérdida Potencia Total
0 APOYO 1- APOYO 10	1262,00	2.880,00	140,13	100-AL1/17-ST1A		82,44	0,62%	0,00%	0,62%	0,7388	0,7388

CAÍDAS DE TENSIÓN TOTALES DE LA INSTALACIÓN											
Tramo	Long (m)	Pot (kW)	Int (A)	Sección (mm ²)		Caída (V)	Caída (%)	Caída ant	Caída Total		
LSMT_TRAMO 1	40,00	2.880,00	139,96	150	HEPR-Z1 12/20 Kv	7,94	0,06%	0,00%	0,06%		
LAAT	1262,00	2.880,00	140,13	100-AL1/17-ST1A		82,44	0,62%	0,06%	0,68%		
LSMT_TRAMO 2	80,00	2.880,00	139,96	150	HEPR-Z1 12/20 Kv	15,88	0,12%	0,68%	0,81%		

4. CÁLCULOS CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

4.1. INTENSIDAD DE ALTA TENSIÓN.

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

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} * U}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA.
 U = Tensión compuesta primaria en kV = 13.2 kV.
 I_p = Intensidad primaria en Amperios.

Sustituyendo valores, tendremos:

Potencia del transformador (kVA)	I_p (A)
1600	71.06
1600	71.06

siendo la intensidad total primaria de 142.12 Amperios.

4.2. INTENSIDAD DE BAJA TENSIÓN.

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

$$I_s = \frac{S - W_{fe} - W_{cu}}{\sqrt{3} * U}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA.
 W_{fe} = Pérdidas en el hierro.
 W_{cu} = Pérdidas en los arrollamientos.
 U = Tensión compuesta en carga del secundario en kilovoltios = 0.4 kV.
 I_s = Intensidad secundaria en Amperios.

Sustituyendo valores, tendremos:

Potencia del transformador (kVA)	Pérdidas totales en transformador (kW)	I_s (A)
1600	15.2	2287.46
1600	15.2	2287.46

4.3. CORTOCIRCUITOS.

4.3.1. Observaciones.

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se determina una potencia de cortocircuito de 350 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Compañía suministradora.

4.3.2. Cálculo de las Corrientes de Cortocircuito.

Para la realización del cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las expresiones:

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de alta tensión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} * U}$$

Siendo:

S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.

U = Tensión primaria en kV.

I_{ccp} = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de baja tensión:

No la vamos a calcular ya que será menor que la calculada en el punto anterior.

- Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de baja tensión (despreciando la impedancia de la red de alta tensión):

$$I_{ccs} = \frac{S}{\sqrt{3} * \frac{U_{cc}}{100} * U_s}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA.

U_{cc} = Tensión porcentual de cortocircuito del transformador.

U_s = Tensión secundaria en carga en voltios.

I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

4.3.3. Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Utilizando la fórmula expuesta anteriormente con:

$S_{cc} = 350$ MVA.

$U = 13.2$ kV.

y sustituyendo valores tendremos una intensidad primaria máxima para un cortocircuito en el lado de A.T. de:

$$I_{ccp} = 15.54 \text{ kA.}$$

4.3.4. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Utilizando la fórmula expuesta anteriormente y sustituyendo valores, tendremos:

Potencia del transformador (kVA)	U _{cc} (%)	I _{ccs} (kA)
1600	6	38.49
1600	6	38.49

Siendo:

- U_{cc}: Tensión de cortocircuito del transformador en tanto por ciento.
- I_{ccs}: Intensidad secundaria máxima para un cortocircuito en el lado de baja tensión.

4.4 DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.

Las celdas fabricadas por SCHNEIDER ELECTRIC 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.

4.4.1. 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.

4.4.2. COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN ELECTRODINÁMICA

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito calculada en el apartado 7.3.3 de este capítulo, por lo que:

$$I_{cc}(\text{din}) = 38,8 \text{ KA}$$

4.4.3. COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN TÉRMICA

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

$$I_{cc(ter)} = 15,54 \text{ kA}$$

4.5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.

* ALTA TENSIÓN.

No se instalarán fusibles de alta tensión al utilizar como interruptor de protección un disyuntor en atmósfera de hexafluoruro de azufre, y ser éste el aparato destinado a interrumpir las corrientes de cortocircuito cuando se produzcan.

* BAJA TENSIÓN.

La salida de Baja Tensión de cada transformador se protegerá mediante un interruptor automático.

La intensidad nominal y el poder de corte de dicho interruptor serán como mínimo iguales a los valores de intensidad nominal de Baja Tensión e intensidad máxima de cortocircuito de Baja Tensión indicados en los apartados 7.3.3 y 7.3.4. respectivamente.

4.6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL C.T.

Al no ser posible un sistema de ventilación natural, se adoptará un sistema de ventilación forzada. Para el cálculo del caudal de aire necesario se aplicará la siguiente expresión:

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

De esta manera, tenemos que:

Potencia del transformador (kVA)	Potencia de pérdidas (kW)	Caudal (m ³ /h)
1600	15.2	3283.2
1600	15.2	3283.2

siendo el caudal total necesario de 6566.4 m³/h.

4.7. DIMENSIONES DEL POZO APAGAFUEGOS.

Al utilizar técnica de transformador encapsulado en resina epoxy, no es necesario disponer de un foso para la recogida de aceite, al no existir éste.

4.8 CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA

4.8.1 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 1.500 A 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.

Para intensidades de cortocircuito a tierra superiores a 1.000 A se deben realizar mediciones de resistividad si se consideran resistividades inferiores a 200 Ohm.m.

De la tabla 2 del punto 4.1 del RAT 2014, se toma para el cálculo una resistividad del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, en 200 Ohm.m.

4.8.2 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 de la red que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

- Tipo de neutro, TT.
- 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.

Según los **datos** de la red proporcionados por la compañía suministradora, se tiene:

$$- U_n = \text{Tensión red} = 13.200 \text{ V}$$

Tiempo máximo de desconexión del defecto es de 0.5s.

Por otra parte, los valores de la impedancia de puesta a tierra del neutro, corresponden a:

$$R_n = 0 \Omega \text{ y } X_n = 1.86 \Omega. \text{ con}$$

$$|Z_n| = \sqrt{R_n^2 + X_n^2}$$

La intensidad máxima de defecto se producirá en el caso hipotético de que la resistencia de puesta a tierra del Centro de Transformación sea nula. Dicha intensidad será, por tanto igual a:

$$I_{d(máx)} = \frac{U_{s(máx)}}{\sqrt{3} Z_n}$$

con lo que el valor obtenido es $I_d=4090.73 \text{ A}$, valor que la Compañía redondea o toma como valor genérico de 4500 A.

4.8.3 DISEÑO PRELIMINAR DE LA INSTALACIÓN DE TIERRA DE PROTECCIÓN

* TIERRA DE PROTECCIÓN.

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

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

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

- Identificación: código 40-30/5/42 del método de cálculo de tierras de UNESA.

- Parámetros característicos:

$$K_r = 0.1 \Omega/(\Omega \cdot m).$$
$$K_p = 0.0231 V/(\Omega \cdot m \cdot A).$$

- Descripción:

Estará constituida por 4 picas en disposición rectangular unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

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

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

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

* TIERRA DE SERVICIO.

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

Las características de las picas serán las mismas que las indicadas para la tierra de protección. La configuración escogida se describe a continuación:

- Identificación: código 5/62 del método de cálculo de tierras de UNESA.

- Parámetros característicos:

$$K_r = 0.073 \Omega/(\Omega \cdot m).$$
$$K_p = 0.012 V/(\Omega \cdot m \cdot A).$$

- Descripción:

Estará constituida por 6 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm. y una longitud de 2.00 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0.5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente será de 3.00 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 15 m., dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

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

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

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

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

calculada en apartado posterior.

4.8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierras.

* TIERRA DE PROTECCIÓN.

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

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t :

$$R_t = K_r \cdot \sigma .$$

- Intensidad de defecto, I_d :

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

donde $U_{\max}=13.2$

- Tensión de defecto, U_d :

$$U_d = I_d \cdot R_t .$$

Siendo:

$$\sigma = 200 \Omega \cdot m.$$

$$K_r = 0.1 \Omega / (\Omega \cdot m).$$

se obtienen los siguientes resultados:

$$R_t = 20 \Omega.$$

$$I_d = 379.41 \text{ A.}$$

$$U_d = 7588.2 \text{ V.}$$

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

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

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

* TIERRA DE SERVICIO.

$$R_t = K_r * \sigma = 0.073 * 200 = 14.6 \Omega.$$

que vemos que es inferior a 37Ω .

4.8.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.

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

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

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

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

$$U_p = K_p * \sigma * I_d = 0.0231 * 200 * 379.41 = 1752.9 \text{ V.}$$

4.8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.

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

El edificio prefabricado de hormigón estará construido de tal manera que, una vez instalado, su interior sea una superficie equipotencial. Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial estarán unidas entre sí mediante soldadura eléctrica. Las conexiones entre varillas metálicas pertenecientes a diferentes elementos se efectuarán de forma que se consiga la equipotencialidad de éstos.

Esta armadura equipotencial se conectará al sistema de tierras de protección (excepto puertas y rejillas, que como ya se ha indicado no tendrán contacto eléctrico con el sistema equipotencial; debiendo estar aisladas de la armadura con una resistencia igual o superior a 10.000 ohmios a los 28 días de fabricación de las paredes).

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

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

$$U_p \text{ acceso} = U_d = R_t * I_d = 20 * 379.41 = 7588.2 \text{ V}$$

4.8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.

La tensión máxima de contacto aplicada, en voltios que se puede aceptar, será conforme a la Tabla 1 de la ITC-RAT 13 de instalaciones de puestas a tierra que se transcribe a continuación:

Duración de la corriente de falta, t_f (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, U_{ca} (V)
0.05	735
0.1	633
0.2	528
0.3	420
0.4	310
0.5	204
1.0	107

El valor de tiempo de duración de la corriente de falta proporcionada por la compañía eléctrica suministradora es de 0.5 seg., dato que aparece en la tabla adjunta, por lo que la máxima tensión de contacto aplicada admisible al cuerpo humano es:

$$U_{ca} = 204 \text{ V}$$

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

$$U_{P(\text{exterior})} = 10U_{ca} \left(1 + \frac{2R_{a1} + 6\sigma}{1000} \right)$$

$$U_{P(\text{acceso})} = 10U_{ca} \left(1 + \frac{2R_{a1} + 3\sigma + 3\sigma_h}{1000} \right)$$

Siendo:

$$U_{ca} = \text{Tensiones de contacto aplicada} = 204 \text{ V}$$

$$R_{a1} = \text{Resistencia del calzado} = 2.000 \ \Omega.m$$

$$\sigma = \text{Resistividad del terreno} = 200 \ \Omega.m$$

$$\sigma_h = \text{Resistividad del hormigón} = 3.000 \ \Omega.m$$

obtenemos los siguientes resultados:

$$U_{p(\text{exterior})} = 12648 \text{ V}$$

$$U_{p(\text{acceso})} = 29784 \text{ V}$$

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

- en el exterior:

$$U_p = 1752.9 \text{ V} < U_{p(\text{exterior})} = 12648 \text{ V}.$$

- en el acceso al C.T.:

$$U_d = 7588.2 \text{ V.} < U_p(\text{acceso}) = 29784 \text{ V.}$$

4.8.8. Investigación de tensiones transferibles al exterior.

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

No obstante, con el objeto de garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima $D_{\text{mín}}$, entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio, determinada por la expresión:

$$D_{\text{mín}} = \frac{\sigma * I_d}{2.000 * \pi}$$

con:

$$\begin{aligned} \sigma &= 200 \text{ } \Omega \cdot \text{m.} \\ I_d &= 379.41 \text{ A.} \end{aligned}$$

obtenemos el valor de dicha distancia:

$$D_{\text{mín}} = 12.08 \text{ m.}$$

4.8.9. Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo.

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado. No obstante, si el valor medido de las tomas de tierra resultara elevado y pudiera dar lugar a tensiones de paso o contacto excesivas, se corregirían estas mediante la disposición de una alfombra aislante en el suelo del Centro, o cualquier otro medio que asegure la no peligrosidad de estas tensiones.

5. CONCLUSION

Por todo lo expuesto y habiéndose redactado de acuerdo con las normas vigentes, se somete a la consideración de las Autoridades competentes para que si tienen a bien, concedan la autorización correspondiente que con esta fecha se solicita, quedando a su disposición para atender cuantas observaciones nos sean formuladas.

ANEJO Nº 17: INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN
