

Energía  
Medio Ambiente  
Telecomunicaciones



**ecointegral**

Todos ingenieros. Todos a su servicio.

**e-distribución**

Registro single: 00029\_20\_0541

## PROYECTO DE EJECUCIÓN

**REFORMA DE LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN A 25 kV "ALCOLEA "  
DESDE D/FR13262 VELOGÁS AL APOYO Nº50, SITUADO EN TÉRMINO  
MUNICIPAL DE FRAGA (PROVINCIA DE HUESCA)**

Código ITER: 1738313

Huesca, Agosto 2021

## Documentos del Proyecto

- 1.- Memoria
  - Anexo 1.- Cálculos Justificativos
  - Anexo 2.- Estudio de Gestión de Residuos
- 2.- Pliego de Condiciones técnicas
- 3.- Planos
- 4.- Presupuesto
- 5.- Estudio Básico de Seguridad y Salud
- 6.- Plan de gestión de la calidad

**0 HOJA DE IDENTIFICACIÓN**

Título del proyecto

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE REFORMA DE LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN A 25 kV "ALCOLEA" DESDE D/FR13262 VELOGÁS AL APOYO Nº50, SITUADO EN TÉRMINO MUNICIPAL DE FRAGA (PROVINCIA DE HUESCA).

Emplazamiento del Proyecto

L.A.M.T. Alcolea desde Pol 27 Par 22 hasta Pol 41 Par 21 (Fraga)

**Coordenadas UTM (ETRS-89) de la instalación**

| Ubicación  | X      | Y       | Huso |
|------------|--------|---------|------|
| Apoyo Nº50 | 271917 | 4599633 | 30   |
| Apoyo Nº82 | 266949 | 4600160 | 30   |

Proyecto encargado por

EDISTRIBUCIÓN REDES DIGITALES, S.L.U

CIF: B-82.846.817

C/ Aznar Molina, 2 C.P. 50.002 Zaragoza

Representante legal: José Manuel Tesa Almudevar

Domicilio a efectos de notificaciones:

C/ Aznar Molina, 2 C.P. 50.002 Zaragoza.

Proyecto redactado por:

Rafael Flores Ventura

Titulación: Ingeniero Técnico Industrial

Nº Colegiado: 5.557 del Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Málaga

Ecointegral Ingeniería, S.L.

Centro de Negocios la Alborada, Local 2 – Edificio B

C/ Imprenta La Alborada, parcela 124 D

Parque Empresarial Las Quemadas C.P. 14014 Córdoba

Tfno.: 957 761 213 – Fax: 957 761 202

Razón social:

Ecointegral Ingeniería, S.L.

Centro de Negocios la Alborada, Local 2 – Edificio B

C/ Imprenta La Alborada, parcela 124 D

Parque Empresarial Las Quemadas C.P. 14014 Córdoba

Tfno.: 957 761 213 – Fax: 957 761 202

| <b>Características de la instalación</b>  |                                |                                |                            |
|---|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| <b>Línea aérea de media tensión</b>   |                                |                                |                            |
| Clase de línea  | Origen                         | Final                          |                            |
| Aérea   | Apoyo metálico a instalar Nº50 | Apoyo metálico a instalar Nº81 |                            |
| Tensión   | Longitud (m)                   | Conductor                      |                            |
|   |                                | Material                       | Sección (mm <sup>2</sup> ) |
| 25 kV   | 4238,26                        | 47-AL1/8-ST1A LA-56            | 54,6                       |
| <b>Especificaciones</b>   |                                |                                |                            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se desmantelarán 1 apoyo metálico y los 79 apoyos existentes de madera y hormigón instalados entre los apoyos Nº50 y Nº81.</li> <li>• Se realizará la instalación de 25 apoyos metálicos de celosía con el mismo trazado, los apoyo Nº51 (antiguo Nº52), Nº52 (antiguo Nº53), Nº56 (antiguo Nº68), Nº57 (antiguo Nº69), Nº58 (antiguo Nº70), Nº59 (antiguo Nº71) y Nº60 (antiguo Nº72) se mantendrán.</li> <li>• Se desmantelará el conductor LA-56 en los tramos existentes de la línea comprendidos entre los apoyos TM Nº50 y TM Nº51, entre el apoyo existentes TM Nº52 y Nº56 y entre los apoyos Nº60 y Nº81, posteriormente se realizará un nuevo tendido con conductor LA-56 con el mismo trazado en dichos tramos, tal y como puede verse en los planos. La longitud total de la reforma de la línea es de 4238,26 metros, medidos sobre planta.</li> <li>• Se contemplan separatas con: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana. Carreteras (se lleva a cabo el retensado de un vano que realiza un cruzamiento con la N-II en el P.K. 422+580m y paralelismo con la misma)</li> <li>○ Instituto Aragonés de Gestión ambiental (INAGA). Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad. La reforma de la LAMT se encuentra dentro del Monte de Utilidad Pública Partida Alta, Baja y de En medio (codificado como 000429).</li> <li>○ Instituto Aragonés de Gestión ambiental (INAGA). Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad. La reforma de la LAMT se encuentra en la Vía Pecuaria Cañada Real de Aragón (codificada como H-00022).</li> </ul> </li> </ul> |                                |                                |                            |

## ÍNDICE

|     |  |           |
|-----|--|-----------|
| 0   | HOJA DE IDENTIFICACIÓN .....                       | <b>3</b>  |
| 1   | OBJETO DEL PROYECTO.....                           | <b>8</b>  |
| 2   | TITULAR DE LA INSTALACIÓN .....                    | <b>8</b>  |
| 3   | DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA .....                  | <b>8</b>  |
| 4   | CLASIFICACIÓN DEL SUELO.....                       | <b>8</b>  |
| 5   | REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVA .....                   | <b>9</b>  |
| 6   | LÍNEA AÉREA DE MT .....                            | <b>10</b> |
| 6.1 | DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO.....                       | 10        |
| 6.2 | ELEMENTOS DE LAS LÍNEAS AÉREAS DE MT .....         | 11        |
| 6.3 | CIMENTACIONES.....                                 | 16        |
| 6.4 | PUESTA A TIERRA DE LOS APOYOS .....                | 17        |
| 6.5 | MEDIDAS DE PROTECCIÓN DE LA AVIFAUNA.....          | 20        |
| 6.6 | VÍAS PECUARIAS .....                               | 22        |
| 6.7 | DISTANCIAS DE SEGURIDAD .....                      | 23        |
| 7   | ORGANISMOS AFECTADOS.....                          | <b>25</b> |
| 8   | PLAN DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....                | <b>25</b> |
| 9   | RESUMEN DE DATOS .....                             | <b>26</b> |
| 9.1 | LÍNEA ELÉCTRICA AÉREA DE M.T. ....                 | 26        |
| 9.2 | PARCELAS CATASTRALES AFECTADAS.....                | 26        |
| 9.3 | GESTIÓN DE RESIDUOS.....                           | 27        |
| 9.4 | CONCLUSIONES .....                                 | 27        |
| 1   | CÁLCULOS ELÉCTRICOS .....                          | <b>29</b> |
| 1.1 | CAPACIDAD DE TRANSPORTE DEL CABLE.....             | 29        |
| 1.2 | CAÍDA DE TENSIÓN .....                             | 29        |
| 1.3 | PÉRDIDAS DE POTENCIA.....                          | 30        |
| 2   | CÁLCULOS MECÁNICOS.....                            | <b>31</b> |
| 2.1 | CÁLCULO MECÁNICO DE LOS CONDUCTORES DESNUDOS ..... | 31        |
| 2.2 | CARGAS PERMANENTES.....                            | 31        |
| 2.3 | CARGA DE VIENTO .....                              | 31        |
| 2.4 | TABLAS RESUMEN .....                               | 41        |
| 3   | CÁLCULO DE LA CIMENTACIONES .....                  | <b>48</b> |
| 3.1 | TABLAS DE CIMENTACIONES .....                      | 49        |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>4</b>  | <b>PUESTA A TIERRA DE LOS APOYOS.....</b>  | <b>51</b> |
| 4.1       | CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA DE LOS APOYOS.....   | 51        |
| <b>1</b>  | <b>GESTIÓN DE RESIDUOS.....</b>  | <b>61</b> |
| 1.1       | INTRODUCCIÓN.....  | 61        |
| 1.2       | OBJETO.....  | 61        |
| 1.3       | REGLAMENTACIÓN.....  | 61        |
| 1.4       | AGENTES.....   | 62        |
| 1.5       | ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS DE CONSTRUCCION QUE SE<br>GENERAN EN LA OBRA (SEGÚN ORDEN MAM/304/2002).....     | 63        |
| 1.6       | MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS.....  | 67        |
| 1.7       | OPERACIONES DE REUTILIZACIÓN, VALORIZACIÓN O ELIMINACIÓN A QUE SE<br>DESTINARÁN LOS RESIDUOS GENERADOS EN LA OBRA..... | 71        |
| 1.8       | PLANOS DE LAS INSTALACIONES PREVISTAS.....   | 71        |
| 1.9       | PLIEGO DE CONDICIONES.....   | 72        |
| 1.10      | PRESUPUESTO.....   | 74        |
| <b>1</b>  | <b>CONDICIONES GENERALES.....</b>  | <b>77</b> |
| 1.1       | OBJETO.....  | 77        |
| 1.2       | CAMPO DE APLICACIÓN.....   | 77        |
| 1.3       | CARACTERÍSTICAS GENERALES Y CALIDADES DE LOS MATERIALES.....   | 77        |
| <b>2</b>  | <b>CONDICIONES TÉCNICAS DE EJECUCIÓN Y MONTAJE.....</b>  | <b>77</b> |
| <b>3</b>  | <b>EJECUCIÓN DE LA OBRA.....</b>   | <b>77</b> |
| 3.1       | TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y ACOPIO A PIE DE OBRA.....   | 78        |
| 3.2       | REPLANTEO DE LOS APOYOS Y COMPROBACIÓN DE PERFIL.....  | 78        |
| 3.3       | PISTAS Y ACCESOS.....  | 79        |
| 3.4       | EXPLANACIÓN Y EXCAVACIÓN.....  | 79        |
| 3.5       | TOMA DE TIERRA.....  | 80        |
| 3.6       | HORMIGONADO DE LAS CIMENTACIONES DE LOS APOYOS.....  | 81        |
| 3.7       | INSTALACIÓN DE APOYOS.....   | 84        |
| 3.8       | INSTALACIÓN DE CONDUCTORES DESNUDOS.....   | 86        |
| 3.9       | TALA Y PODA DE ARBOLADO.....   | 93        |
| 3.10      | PLACAS DE RIESGO ELÉCTRICO Y NUMERACIÓN DE LOS APOYOS.....   | 93        |
| <b>1.</b> | <b>PRESUPUESTO BASE.....</b>   | <b>97</b> |
| <b>2.</b> | <b>PRESUPUESTO GENERAL.....</b>  | <b>98</b> |
| <b>3.</b> | <b>PRESUPUESTO PARTE AFECTADA DE DOMINIO PÚBLICO.....</b>  | <b>99</b> |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| <b>1</b> | <b>ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD .....</b>                             | <b>101</b> |
| 1.1      | OBJETO .....   | 101        |
| 1.2      | CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA Y SITUACIÓN.....                                  | 101        |
| 1.3      | OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA .....   | 101        |
| 1.4      | ACTIVIDADES BÁSICAS .....  | 102        |
| 1.5      | IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS .....  | 102        |
| 1.6      | MEDIDAS PREVENTIVAS .....  | 105        |
| 1.7      | NORMATIVA APLICABLE.....   | 107        |
| <b>1</b> | <b>PLAN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DURANTE LA REDACCIÓN DEL PROYECTO .....</b> | <b>111</b> |
| 1.1      | PROCEDIMIENTO 01: REQUISITOS DEL CLIENTE .....                               | 111        |
| 1.2      | PROCEDIMIENTO 02: DISEÑO.....  | 112        |
| 1.3      | PROCEDIMIENTO 03: DATOS DE PARTIDA.....                                      | 115        |
| 1.4      | PROCEDIMIENTO 04: PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE OBRAS .....                      | 115        |
| 1.5      | PROCEDIMEINTO 05: REVISIÓN DE PROYECTOS .....                                | 117        |
| 1.6      | PROCEDIMIENTO 06: CIERRE PROYECTOS Y EXPEDICIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN.....     | 118        |
| 1.7      | PROCEDIMIENTO 07: IDENTIFICACIÓN Y PUESTA AL DÍA DE REQUISITOS LEGALES ..... | 122        |

## Documento 1

MEMORIA

## 1 OBJETO DEL PROYECTO

EDISTRIBUCIÓN REDES DIGITALES S.L.U. proyecta la reforma del tramo de línea aérea "ALCOLEA" a 25 kV, con nuevo tendido LA-56, mejorando de esta manera la red y adaptando las instalaciones a las normas técnicas y particulares de la compañía distribuidora EDISTRIBUCIÓN REDES DIGITALES S.L.U.

Con el presente proyecto se pretende establecer las características a las que habrá de ajustarse dicha instalación, con el fin de obtener Autorización Administrativa Previa y Autorización Administrativa de Construcción por parte del Servicio Provincial de Industria de Huesca.

## 2 TITULAR DE LA INSTALACIÓN

El titular y propietario de la instalación objeto del presente proyecto es la empresa distribuidora EDISTRIBUCIÓN REDES DIGITALES, S.L.U, con C.I.F.: B-82.846.817 y domicilio a efectos de notificaciones en C/ Aznar Molina, 2 C.P. 50.002 Zaragoza.

## 3 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

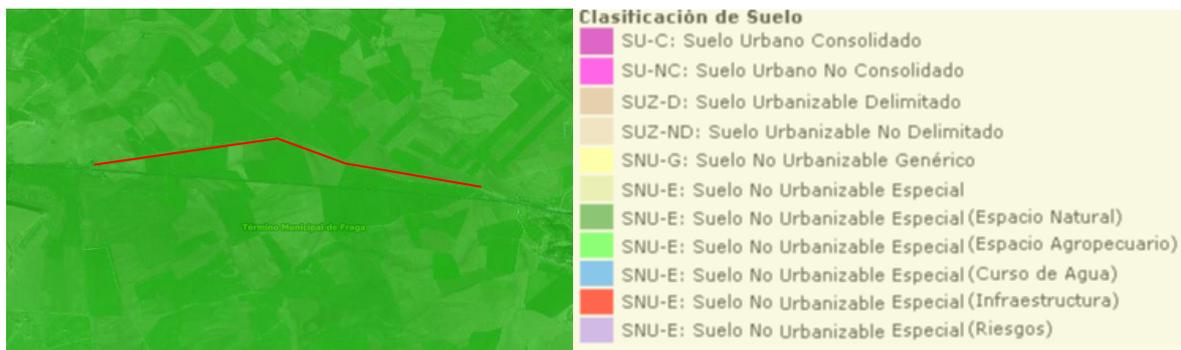
La línea aérea a ejecutar discurre por el término municipal de Fraga (Huesca).

El recorrido de las instalaciones comienza en el apoyo metálico a sustituir Nº50 perteneciente a la LAMT "ALCOLEA" de 25 kV de tensión, hasta el apoyo Nº81. La longitud de la línea eléctrica a reformar será de 4238,26 metros, medidos sobre planta.

Se desmantelarán los 79 apoyos existentes de madera u hormigón instalados y 1 apoyo metálico entre los apoyos a instalar Nº50 y Nº81. Se realizará la instalación de 25 apoyos metálicos de celosía con el mismo trazado. Los apoyos Nº51 (antiguo Nº52), Nº52 (antiguo Nº53), Nº56 (antiguo Nº68), Nº57 (antiguo Nº69), Nº58 (antiguo Nº70), Nº59 (antiguo Nº71) y Nº60 (antiguo Nº72) se mantendrá (instalados según proyecto con ITER 66761). Se desmantelará el conductor LA-56 en los tramos existentes de la línea comprendidos entre los apoyos TM Nº50 y TM Nº51, entre el apoyo existentes TM Nº52 y Nº56 y entre los apoyos Nº60 y Nº81, posteriormente se realizará un nuevo tendido con conductor 47-AL1/8-ST1A LA-56 con el mismo trazado en dichos tramos, tal y como puede verse en los planos. La longitud total de la reforma de la línea es de 4238,26 metros, medidos sobre planta

## 4 CLASIFICACIÓN DEL SUELO

El tipo de suelo en el cual serán ejecutadas las instalaciones definidas en este proyecto será suelo No Urbanizable Especial (Espacio Agropecuario) según el Plan General de Ordenación Urbana de Fraga (Huesca).



## 5 REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVA

- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, que regula las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- 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.
- Ley 24/2013 de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto. 223/2008 de 15 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en las líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL)
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.
- Real decreto 34/2005, del 8 de febrero, del Gobierno de Aragón por el que se establecen las normas de carácter técnico para las instalaciones eléctricas aéreas con objeto de proteger la avifauna.
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Normas UNE de obligado cumplimiento según se desprende de los Reglamentos y sus correspondientes revisiones y actualizaciones.
- Normas UNE, que no siendo de obligado cumplimiento, definan características de elementos integrantes de las LAMT.
- Ordenanzas municipales de los Ayuntamientos afectados.
- Normativa de E-DISTRIBUCION NRZ001, "Especificaciones Particulares para instalaciones de e-distribución en Alta Tensión de  $Un \leq 36 \text{ kV}$ ".

## 6 LÍNEA AÉREA DE MT

### 6.1 DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO

La línea proyectada está formada por los siguientes tramos:

| Nº ALINEACIÓN | APOYOS Nº       | LONGITUD (M) | ÁNGULO CON ALINEACIÓN POSTERIOR (G) | TÉRMINO MUNICIPAL |
|---------------|-----------------|--------------|-------------------------------------|-------------------|
| 1             | Ap. 50 - Ap. 51 | 167,90       | 0,0000 g                            | Fraga             |
| 2             | Ap. 52 - Ap. 56 | 639,00       | 0,0000 g                            | Fraga             |
| 3             | Ap. 60 - Ap. 64 | 680,30       | 190,9460 g                          | Fraga             |
| 4             | Ap. 64 - Ap. 66 | 357,90       | 177,1210 g                          | Fraga             |
| 5             | Ap. 66 - Ap. 72 | 1006,20      | 192,8420 g                          | Fraga             |
| 6             | Ap. 72 - Ap. 81 | 1387,00      | 111,608 g                           | Fraga             |
| TOTAL         | 6               | 4238,30      |                                     |                   |

A continuación, se indican las coordenadas UTM ETRS89 Huso 30 (no aptas para replanteo) de los apoyos del proyecto:

| Nº apoyo | Coordenadas X | Coordenadas Y | Cota Z |
|----------|---------------|---------------|--------|
| 50       | 271917        | 4599633       | 369,97 |
| 51 (52)  | 271752        | 4599662       | 370,32 |
| 52 (53)  | 271610        | 4599686       | 369,41 |
| 53       | 271453        | 4599713       | 367,69 |
| 54       | 271305        | 4599738       | 365,76 |
| 55       | 271135        | 4599767       | 363,92 |
| 56 (68)  | 270980        | 4599794       | 363,01 |
| 57 (69)  | 270812        | 4599823       | 361,88 |
| 58 (70)  | 270624        | 4599894       | 359,32 |
| 59 (71)  | 270449        | 4599960       | 357,52 |
| 60 (72)  | 270273        | 4600026       | 358,12 |
| 61       | 270120        | 4600108       | 357,58 |
| 62       | 269969        | 4600188       | 355,92 |
| 63       | 269821        | 4600267       | 354,07 |
| 64       | 269673        | 4600346       | 352,41 |
| 65       | 269498        | 4600409       | 351,16 |
| 66       | 269336        | 4600468       | 348,56 |
| 67       | 269176        | 4600466       | 345,19 |
| 68       | 269004        | 4600464       | 341,46 |
| 69       | 268827        | 4600461       | 337,64 |
| 70       | 268665        | 4600459       | 335,16 |

| Nº apoyo | Coordenadas X | Coordenadas Y | Cota Z |
|----------|---------------|---------------|--------|
| 71       | 268490        | 4600457       | 331,71 |
| 72       | 268330        | 4600456       | 329,19 |
| 73       | 268179        | 4600437       | 326,37 |
| 74       | 268027        | 4600417       | 321,81 |
| 75       | 267873        | 4600398       | 318,72 |
| 76       | 267731        | 4600380       | 316,79 |
| 77       | 267573        | 4600361       | 313,83 |
| 78       | 267419        | 4600341       | 311,74 |
| 79       | 267270        | 4600323       | 307,48 |
| 80       | 267119        | 4600304       | 305,26 |
| 81       | 266954        | 4600283       | 303,29 |
| 82       | 266948        | 4600187       | 304,77 |

La mayor cota del terreno se encuentra en las inmediaciones del apoyo N°51 (antiguo N°52), el cual alcanza una cota de 370,32 m. Por tanto, y según el Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión (R.D. 223/2008), se deberá considerar a efectos de cálculo la zona A.

El trazado discurre en su totalidad por zona rural.

## 6.2 ELEMENTOS DE LAS LÍNEAS AÉREAS DE MT

### 6.2.1 Apoyos

#### 6.2.1.1 Tipologías de apoyo

Los apoyos a instalar serán metálicos de celosía, por lo que cumplirán la norma UNE 207017 y la norma de referencia AND001 "Apoyos y armados de perfiles metálicos para líneas de MT hasta 30 kV".

| APOYOS  | FUNCIÓN   | TIPOLOGÍA |
|---------|-----------|-----------|
| 50      | ALI-AM    | C3000-16  |
| 51 (52) | EXISTENTE | C2000-18  |
| 52 (53) | EXISTENTE | C2000-18  |
| 53      | ALI-AM    | C2000-16  |
| 54      | ALI-AM    | C2000-16  |
| 55      | ALI-AM    | C2000-16  |
| 56 (68) | EXISTENTE | C2000-18  |
| 57 (69) | EXISTENTE | C2000-18  |
| 58 (70) | EXISTENTE | C2000-18  |
| 59 (71) | EXISTENTE | C2000-18  |
| 60 (72) | EXISTENTE | C2000-18  |
| 61      | ALI-AM    | C2000-16  |
| 62      | ALI-AM    | C2000-16  |
| 63      | ALI-AM    | C2000-16  |

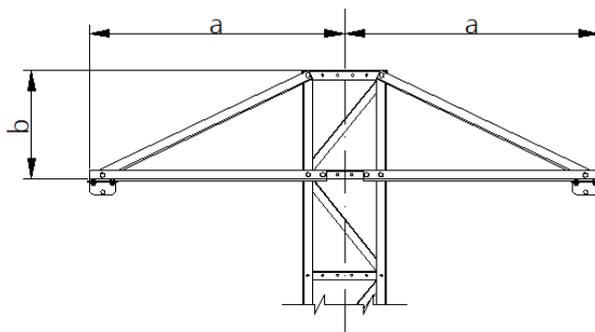
| APOYOS | FUNCIÓN   | TIPOLOGÍA |
|--------|-----------|-----------|
| 64     | ANG-ANC   | C2000-18  |
| 65     | ALI-AM    | C2000-16  |
| 66     | ANG-ANC   | C2000-16  |
| 67     | ALI-AM    | C2000-16  |
| 68     | ALI-AM    | C2000-18  |
| 69     | ALI-AM    | C2000-16  |
| 70     | ALI-AM    | C2000-16  |
| 71     | ALI-AM    | C2000-16  |
| 72     | ANG-ANC   | C2000-16  |
| 73     | ALI-AM    | C2000-16  |
| 74     | ALI-AM    | C2000-16  |
| 75     | ALI-AM    | C2000-16  |
| 76     | ALI-AM    | C2000-16  |
| 77     | ALI-AM    | C2000-16  |
| 78     | ALI-AM    | C2000-16  |
| 79     | ALI-AM    | C2000-16  |
| 80     | ALI-AM    | C2000-16  |
| 81     | ANG-ANC   | C3000-16  |
| 82     | EXISTENTE | C500-16   |

### 6.2.2 Armados

Las características técnicas de los armados metálicos se ajustarán a los criterios establecidos en la ITC-LAT-07 en función de las magnitudes y direcciones de las cargas de trabajo y de las distancias de aislamiento eléctrico requeridas.

Los armados seleccionados para los apoyos proyectados son Triángulo TR3, con las dimensiones indicadas en la siguiente imagen:

### APOYOS - CRUCETA TRIÁNGULO TR2



| TRIANGULO  |             |             |
|------------|-------------|-------------|
|            | a           | b           |
| TR1        | 1.50        | 0.60        |
| TR2        | 1.75        | 0.60        |
| <b>TR3</b> | <b>2.00</b> | <b>0.60</b> |

\* medidas en metros

### 6.2.3 Dimensiones de los apoyos y armados

La altura elegida de los apoyos se determinará por la distancia mínima de los conductores al terreno u a otros obstáculos, según lo establecido en el apartado 5 de la ITC-LAT-07 del RLAT.

Las dimensiones de los armados se determinarán por la distancia a mantener de los conductores entre sí y con las partes metálicas del apoyo, según lo indicado en el apartado 5.4.1. de la ITC-LAT-07 del RLAT.

### 6.2.4 Conductores

Los conductores que se emplearán para la reforma de la LAMT estarán de acuerdo con la Norma UNE-EN 50182 y a la Norma de referencia **GSC003 "Concentric-lay-stranded bare conductors"**.

El tramo a instalar será con conductor 47-AL1/8-ST1A LA-56, de las siguientes características:

| Denominación conductor | Denominación antigua | Carga de rotura (daN) | Máxima tracción admisible (daN) | Coefficiente de seguridad |
|------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------------|---------------------------|
| 47-AL1/8-ST1A          | LA 56                | 1.629                 | 543                             | 3,00                      |

### 6.2.5 Aislamiento

El aislamiento se dimensionará mecánicamente en función del conductor instalado, garantizando un coeficiente de seguridad a rotura igual o superior a 3, y eléctricamente en función del nivel de tensión de la red proyectada, de la línea de fuga requerida y de la distancia entre partes activas y masa.

Además, para determinar las necesidades de cada instalación se tendrá en cuenta el nivel de contaminación salina e industrial atendiendo a lo indicado en el documento de EDE **NZZ009 "Mapas de contaminación salina e industrial"** y en la ITC-LAT-07.

#### 6.2.5.1 Aisladores compuestos o poliméricos

Según establece la ITC-LAT 07, apartado 3.4, el coeficiente de seguridad mecánico de los aisladores no será inferior a 3. Si la carga de rotura electromecánica mínima garantizada se obtuviese mediante control estadístico en la recepción, el coeficiente de seguridad podrá reducirse a 2,5.

$$C.S = \text{Carga rotura aislador} / T_{\text{máx}} = 3$$

Las cadenas de aisladores que se usaran en función de los conductores de la línea se definen en la siguiente tabla:

**Tabla 7. Aisladores seleccionados**

| Aislador          | Carga de rotura (daN) | Tracción máxima admisible (daN) | Conductores admisibles | Tensión nominal / Tensión más elevada | Nivel contaminación |
|-------------------|-----------------------|---------------------------------|------------------------|---------------------------------------|---------------------|
| CS 70 EB 125/555  | 7.000                 | 2.333                           | LA 56                  | 20/24                                 | Alto                |
| CS 70 EB 125/1150 | 7.000                 | 2.333                           | LA 56                  | 20/24                                 | Alto                |

Cuando las sollicitaciones mecánicas lo requieran podrán acoplarse dos cadenas de aisladores mediante un yugo. Es de obligatorio cumplimiento la utilización de aisladores poliméricos.

También se tendrá que comprobar que la cadena de aisladores seleccionada cumple los niveles de

aislamiento para tensiones soportadas (tablas 12 y 13 del apartado 4.4 de la ITC-LAT 07) en función de las Gamas I (corta duración a frecuencia industrial y a la tensión soportada a impulso tipo rayo) y II (impulso tipo maniobra y la tensión soportada a impulso tipo rayo).

Según el tipo de ambiente donde se encuentre el conductor (tabla 14 del apartado 4.4 de la ITC-LAT 07), el R.D. 223/2008 recomienda la longitud de la línea de fuga entre fase y tierra de los aisladores a utilizar. Para obtener la línea de fuga mínima recomendada se multiplica el número indicado por el reglamento (tabla 14) según el tipo de ambiente por la tensión nominal de la línea.

El nivel de contaminación de la zona donde se encuentra la línea eléctrica es **(I) Ligero**, dado que se encuentra en una zona sin industrias y con baja densidad de viviendas.

| Tensión nominal / Tensión más elevada de la línea (kV) | Nivel de contaminación | Línea de fuga específica nominal mínima (mm/kV) | Línea de fuga mínima requerida (mm) |
|--|------------------------|---|-------------------------------------|
| ≤ 20<br>(24)   | (I) Ligero             | 16,0  | 384                                 |
|  | (II) Medio             | 20,0  | 480                                 |
|  | (III) Fuerte           | 25,0  | 600                                 |
|  | (IV) Muy fuerte        | 31,0  | 744                                 |

| Aislador          | Línea de fuga (mm) | Tensión nominal / Tensión más elevada (kV) |
|-------------------|--------------------|--|
| CS 70 EB 125/555  | 835                | 20/24                                      |
| CS 70 EB 125/1150 | 1250               | 20/24                                      |

Para nuestro caso con un nivel de tensión de 25 kV y un nivel de contaminación de **(I) Ligero**, tenemos una línea de fuga mínima requerida de 384 mm. **Según el aislador polimérico utilizado CS 70 AB 125/555 para cadenas de suspensión dispone de una línea de fuga de 835 mm y el aislador polimérico utilizado CS 70 AB 125/1150 para cadenas de amarre dispone de una línea de fuga de 1250 mm**, superior a la mínima requerida según el nivel de contaminación de la zona.

### 6.2.6 Herrajes

Se engloban bajo esta denominación todos los elementos necesarios para la fijación de los aisladores a los apoyos y a los conductores.

Para su elección se tendrán en cuenta las características constructivas y dimensionales de los conductores.

Deberán tener un coeficiente de seguridad mecánica no inferior a 3 respecto a su carga mínima de rotura.

Se tendrán en cuenta las disposiciones de los taladros y los gruesos de chapas y casquillos de cogida de las cadenas para que éstas queden posicionadas adecuadamente.

Todas las características técnicas, constructivas, de ensayo, etc. de los herrajes serán las indicadas en la norma de referencia **AND009 "Herrajes y accesorios para conductores desnudos en líneas aéreas AT hasta 36 kV"**.

En todos los apoyos en suspensión se instarán varillas de protección prefabricada.

### 6.2.7 Empalmes en el conductor

Los empalmes de los conductores entre si se efectuarán por el sistema de “manguito comprimido”, estando constituidos por:

- Tubo de aluminio de extrusión para la compresión del aluminio.
- Tubo de acero de extrusión para la compresión del acero

Serán de un material prácticamente inoxidable y homogéneo con el material del conductor que unen, con objeto de evitar formación de un par eléctrico apreciable. La ejecución quedará hecha de modo que el empalme tenga una resistencia mecánica por lo menos igual al 95% de la del cable que une y una resistencia eléctrica igual a la de un trozo de cable sin empalme de la misma longitud. Cumplirán lo fijado en la norma UNE 21021.

Deberán cumplir dos condiciones para que la compresión no provoque una disminución de resistencia mecánica:

- Todos los alambres deberán ser apretados uniformemente, lo que requiere una distribución uniforme de la presión.
- Ningún alambre deberá ser deformado.

Su ejecución se realizará mediante una máquina apropiada que dispondrá de los troqueles necesarios para que resulte, tras la compresión, una sección del empalme hexagonal con la medida entre-caras dada por el fabricante, lo cual servirá para garantizar que la unión ha quedado correctamente realizada.

Los empalmes de compresión para conductores de acero y aluminio dispondrán de una cavidad para albergar el núcleo del conductor.

En una línea de nueva construcción, los empalmes deberán realizarse en el puente flojo de un apoyo con cadenas de amarre. Quedan expresamente prohibidas las uniones por tornillo en particular y en especial aquellas que provoquen que los ejes de los conductores a unir no formen una misma línea recta y aquellos que sean desmontables, así como los de varillas preformadas.

### 6.2.8 Piezas de conexión

Las piezas de conexión serán de diseño y naturaleza tal que eviten los efectos electrolíticos. En zonas de alta y muy alta contaminación se cubrirán con cinta de protección anticorrosiva estable a la intemperie, para que las superficies de contacto no sufran oxidación.

Las piezas de conexión se dividen en terminales y piezas de derivación. Las características de las piezas de conexión se ajustarán a las normas UNE 21021.

### 6.2.9 Terminales

Serán de aluminio homogéneo con pala de doble taladro, adecuados para que la conexión al cable se efectúe por compresión hexagonal. La conexión del terminal a la instalación fija se efectuará mediante tornillos a presión.

Los terminales cumplirán la Norma de referencia **NNZ015 “Terminales rectos de aleación para conductores de aluminio y aluminio-acero”**.

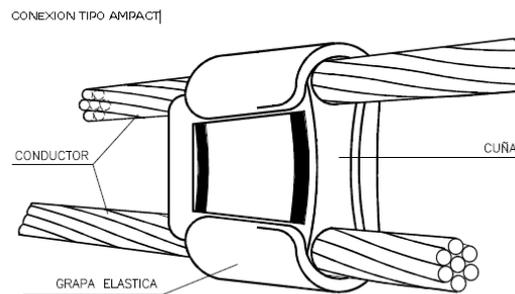
### 6.2.10 Piezas de Derivación

La conexión de conductores en las líneas aéreas de MT se realizará en lugares donde el conductor no esté sometido a sollicitaciones mecánicas. Así pues, la conexión de derivaciones se realizará en el bucle

entre dos cadenas horizontales de un apoyo (puente flojo). En este caso la pieza de conexión, además de no aumentar la resistencia eléctrica del conductor, tendrá una resistencia al deslizamiento de, al menos, el 20 % de la carga de rotura del conductor.

La conexión de derivaciones a la línea principal se efectuará mediante conectores de presión constante, de pleno contacto y de acuñamiento cónico.

Se incluye dibujo con conexión tipo cuña:



## 6.2.11 Accesorios

### 6.2.11.1 Amortiguadores

En el caso de que puedan preverse daños provocados por las vibraciones se dispondrán grapas adecuadas y antivibradores que absorban parte de la energía amortiguando la fatiga en el punto de agarre.

Se ha diseñado la línea eléctrica con una temperatura media de 15°C, un EDS del 15%, por lo que no se considera necesario la utilización de dispositivos antivibratorios.

Se evitará la colocación de contrapesos en los apoyos cuyo gravitativo sea negativo, substituyendo el apoyo de suspensión por uno de amarre.

### 6.2.12 Placas de señalización

En todos los apoyos se instalará una placa señalización de riesgo eléctrico, donde se indicará la tensión de la línea (kV), el titular de la instalación y el número del apoyo. La placa se instalará a una altura del suelo de 3 m. en la cara paralela o más cercana a los caminos o carreteras, para que pueda ser vista fácilmente.

## 6.3 CIMENTACIONES

Las cimentaciones de los apoyos serán de hormigón en masa de calidad HM-20 y deberán cumplir lo especificado en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE 08.

La cimentación de los apoyos cumplirá lo detallado en el apartado 3.6 de la ITC-LAT-07 y será del tipo monobloque prismática de sección cuadrada.

El bloque de cimentación sobresaldrá del terreno, como mínimo 15 cm, formando un zócalo, con el objeto de proteger los extremos inferiores de los montantes y sus uniones. Dichas cimentaciones se terminarán con un vierteaguas de 5 cm de altura para facilitar la evacuación del agua de lluvia. Así mismo, el objeto de evitar que el agua que queda confinada en los perfiles de los montantes en su inserción con la cimentación, se efectuarán unos pequeños planos inclinados a tal efecto.

Las dimensiones de las cimentaciones variarán en función del coeficiente de compresibilidad del terreno (K). Los valores de los coeficientes de compresibilidad se deducen de estudios de suelos o se adoptan los de la Tabla 10 de la ITC-LAT-07. Las dimensiones mínimas de cimentaciones de los apoyos proyectados se detallan en el documento PLANOS.

## **6.4 PUESTA A TIERRA DE LOS APOYOS**

Los apoyos de MT estarán provistos de una instalación de puesta a tierra, con objeto de limitar las tensiones de defecto a tierra que puedan producirse. Esta instalación de puesta a tierra, complementada con los dispositivos de interrupción de corriente, deberá asegurar la descarga a tierra de la intensidad homopolar de defecto, contribuyendo a la eliminación del riesgo eléctrico debido a la aparición de tensiones peligrosas en el caso de contacto con las masas que puedan ponerse en tensión.

La puesta a tierra de los apoyos se realizará teniendo en cuenta lo especificado en el apartado 7 de la ITC-LAT-07 y considerando que se dispone de un sistema de protección automática, con un tiempo de despeje de la falta inferior a 1 segundo.

Deberán conectarse a tierra mediante una conexión específica todos los apoyos metálicos según lo indicado en el punto 7.2.4 de la ITC-LAT-07.

En todos los apoyos, la unión a tierra se hará de forma específica, de manera que pueda garantizar una resistencia de difusión mínima y de larga permanencia.

El diseño del sistema de puesta a tierra deberá cumplir:

- a) Que resista los esfuerzos mecánicos y la corrosión.
- b) Que resista la temperatura provocada por la intensidad de falta más elevada.
- c) Que garantice la seguridad de las personas respecto a las tensiones que aparezcan durante una falta a tierra.
- d) Que proteja las propiedades y equipos y garantice la fiabilidad de la línea.

Los elementos constituyentes de la instalación de puesta a tierra son la línea de tierra y los electrodos de puesta a tierra.

### **6.4.1 Electroodos de Puesta a Tierra**

Los electrodos de tierra estarán compuestos por:

- Picas de acero recubierto de cobre de 2 m. de longitud y 14 mm. de diámetro
- Conductores horizontales de cobre desnudo con una sección mínima de 50 mm<sup>2</sup>.
- Combinación de picas y conductores horizontales.

Las picas se hincarán verticalmente quedando su extremo superior a una profundidad no inferior a 0,5 m. En terrenos donde se prevean heladas, se aconseja una profundidad mínima de 0,8 m.

Se utilizarán electrodos alojados en perforaciones profundas para instalaciones ubicadas en terrenos con una elevada resistividad, o por cualquier otra causa debidamente justificada.

### **6.4.2 Línea de tierra**

La línea de tierra es el conductor o conjunto de conductores que une el electrodo de tierra con la parte del apoyo que se pretende poner a tierra.

Los conductores empleados en las líneas de tierra deberán tener una resistencia mecánica adecuada y ofrecerán una elevada resistencia a la corrosión. No podrán insertarse fusibles o interruptores.

Con carácter general las líneas de tierra se realizarán con conductores de cobre desnudo de una sección mínima de 50 mm<sup>2</sup>. Con el acuerdo previo de EDE podrán instalarse conductores de aluminio aislado de 95 mm<sup>2</sup>. En estos casos, la unión de la línea de tierra con el electrodo de cobre deberá realizarse con los medios y materiales adecuados, que requerirán la validación previa de EDE, para evitar fenómenos de corrosión.

La parte de conductor de cobre desnudo hasta el punto de conexión con el montante se protegerá mediante un tubo de PVC, para lo cual el paso de dicho conductor a través del macizo de cimentación se efectuará por medio de un tubo introducido en el momento del hormigonado.

El extremo superior del tubo quedará sellado con poliuretano expandido o similar para impedir la entrada de agua, evitando así tener agua estancada que favorezca la corrosión del cable de tierra.

En general, como conductores de tierra entre herrajes, crucetas y la propia toma de tierra, puede emplearse la estructura de los apoyos metálicos. En ningún caso podrá emplearse para la puesta a tierra de autoválvulas o pararrayos, que deberán disponer de un conductor independiente hasta el terminal de tierra del apoyo.

#### 6.4.3 Clasificación de los apoyos según su ubicación

Para poder identificar los apoyos en los que se debe garantizar los valores admisibles de las tensiones de contacto, se establece la siguiente clasificación de los apoyos según su ubicación:

- Apoyos NO frecuentados. Son los situados en lugares que no son de acceso público o donde el acceso de personas es poco frecuente.
- Apoyos frecuentados. Son los situados en lugares de acceso público y donde la presencia de personas ajenas a la instalación eléctrica es frecuente: donde se espere que las personas se queden durante tiempo relativamente largo, algunas horas al día durante varias semanas, o por un tiempo corto pero muchas veces al día.

Básicamente se considerarán apoyos frecuentados los situados en:

- Casco urbano y parques urbanos públicos.
- Zonas próximas a viviendas.
- Polígonos industriales.
- Áreas públicas destinadas al ocio, como parques deportivos, zoológicos, ferias y otras instalaciones análogas.
- Zonas de equipamientos comunitarios, tanto públicos como privados, tales como hipermercados, hospitales, centros de enseñanza, etc.

Desde el punto de vista de la seguridad de las personas, los apoyos frecuentados podrán considerarse exentos del cumplimiento de las tensiones de contacto en los siguientes casos:

- Cuando se aislen los apoyos de tal forma que todas las partes metálicas del apoyo queden fuera del volumen de accesibilidad limitado por una distancia horizontal mínima de 1,25 m, utilizando para ello vallas aislantes.
- Cuando todas las partes metálicas del apoyo queden fuera del volumen de accesibilidad limitado por una distancia horizontal mínima de 1,25 m, debido a agentes externos (orografía del terreno, obstáculos naturales, etc.).
- Cuando el apoyo esté recubierto por placas aislantes o aisladas respecto del apoyo o protegido por obra de fábrica de ladrillo hasta una altura de 2,5 m, de forma que se impida la escalada al apoyo.

En estos casos, no obstante, habrá que garantizar que se cumplen las tensiones de paso aplicadas.

A su vez, los apoyos frecuentados se clasifican en dos subtipos:

- Apoyos frecuentados con calzado (F): se considerará como resistencias adicionales la resistencia del calzado y la resistencia a tierra en el punto de contacto.
- Estos apoyos serán los situados en lugares donde se puede suponer, razonadamente, que las personas estén calzadas, como pavimentos de carreteras públicas, lugares de aparcamiento, etc.
- Apoyos frecuentados sin calzado (F.S.C.): se considerará como resistencia adicional únicamente la resistencia a tierra en el punto de contacto considerando nula la resistencia del calzado.
- Estos apoyos serán los situados en lugares como jardines, piscinas, camping, áreas recreativas donde las personas puedan estar con los pies desnudos.

Los apoyos que sean diseñados para albergar conversiones aéreo-subterráneas deberán cumplir los mismos requisitos que el resto de los apoyos en función de su ubicación.

Los apoyos que sean diseñados para albergar aparatos de maniobra deberán cumplir los mismos requisitos que los apoyos frecuentados.

Clasificación de apoyos según ubicación:

| APOYOS              | FUNCIÓN | TIPOLOGÍA      |
|---------------------|---------|----------------|
| Apoyo a instalar 50 | ALI-AM  | No Frecuentado |
| Apoyo a instalar 53 | ALI-AM  | No Frecuentado |
| Apoyo a instalar 54 | ALI-AM  | No Frecuentado |
| Apoyo a instalar 55 | ALI-AM  | No Frecuentado |
| Apoyo a instalar 61 | ALI-AM  | No Frecuentado |
| Apoyo a instalar 62 | ALI-AM  | No Frecuentado |
| Apoyo a instalar 63 | ALI-AM  | No Frecuentado |
| Apoyo a instalar 64 | ANG-AM  | No Frecuentado |
| Apoyo a instalar 65 | ALI-AM  | No Frecuentado |
| Apoyo a instalar 66 | ANG-AM  | No Frecuentado |
| Apoyo a instalar 67 | ALI-AM  | No Frecuentado |
| Apoyo a instalar 68 | ALI-AM  | No Frecuentado |
| Apoyo a instalar 69 | ALI-AM  | No Frecuentado |
| Apoyo a instalar 70 | ALI-AM  | No Frecuentado |
| Apoyo a instalar 71 | ALI-AM  | No Frecuentado |
| Apoyo a instalar 72 | ANG-AM  | No Frecuentado |
| Apoyo a instalar 73 | ALI-AM  | No Frecuentado |
| Apoyo a instalar 74 | ALI-AM  | No Frecuentado |
| Apoyo a instalar 75 | ALI-AM  | No Frecuentado |
| Apoyo a instalar 76 | ALI-AM  | No Frecuentado |
| Apoyo a instalar 77 | ALI-AM  | No Frecuentado |
| Apoyo a instalar 78 | ALI-AM  | No Frecuentado |
| Apoyo a instalar 79 | ALI-AM  | No Frecuentado |
| Apoyo a instalar 80 | ALI-AM  | No Frecuentado |
| Apoyo a instalar 81 | ANG-AM  | No Frecuentado |

#### 6.4.4 Sistemas de puesta a tierra

##### 6.4.4.1 Apoyos frecuentados

El diseño del sistema de puesta a tierra de este tipo de apoyos debe ser verificado según se indica en el apartado 7.3.4.3. Desde el punto de vista de la seguridad de las personas, los apoyos frecuentados podrán considerarse exentos del cumplimiento de las tensiones de contacto en los siguientes casos:

1. Cuando se aíslen los apoyos de tal forma que todas las partes metálicas del apoyo queden fuera del volumen de accesibilidad limitado por una distancia horizontal mínima de 1,25 m, utilizando para ello vallas aislantes.
2. Cuando todas las partes metálicas del apoyo queden fuera del volumen de accesibilidad limitado por una distancia horizontal mínima de 1,25 m, debido a agentes externos (orografía del terreno, obstáculos naturales, etc.).
3. Cuando el apoyo esté recubierto por placas aislantes o protegido por obra de fábrica de ladrillo hasta una altura de 2,5 m, de forma que se impida la escalada al apoyo.

#### 6.4.4.2 Apoyos no frecuentados

Puesto que el tiempo de desconexión automática en la línea de media tensión de EDE es inferior a 1 segundo, de acuerdo a lo indicado en el apartado 7.3.4.3 de la ICT-LAT-07, en el diseño del sistema de puesta a tierra de estos apoyos no será obligatorio garantizar, a un metro de distancia del apoyo, valores de tensión de contacto inferiores a los valores admisibles. No obstante, el valor de la resistencia de puesta a tierra será lo suficientemente bajo para garantizar la actuación de las protecciones.

A tal efecto, en general se utilizará un electrodo lineal por apoyo compuesto por picas de cobre, de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro, unidas al montante del apoyo mediante grapas de fijación y cable de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> o aluminio aislado de 95 mm<sup>2</sup>.

Aquellos casos en los que, debido a la elevada resistividad del terreno, o a cualquier otra causa debidamente justificada, se utilizarán electrodos alojados en perforaciones profundas.

El extremo superior del electrodo de tierra quedará, como mínimo, a 0,50 m por debajo de la superficie del terreno. A esta profundidad irán también los cables de conexión entre las picas de tierra o electrodos y el apoyo. En terrenos donde se prevean heladas se aconseja una profundidad mínima de 0,80 m.

#### 6.4.5 Medidas adicionales de seguridad

Las medidas adicionales de seguridad que se deberán considerar para reducir los riesgos a las personas podrán ser:

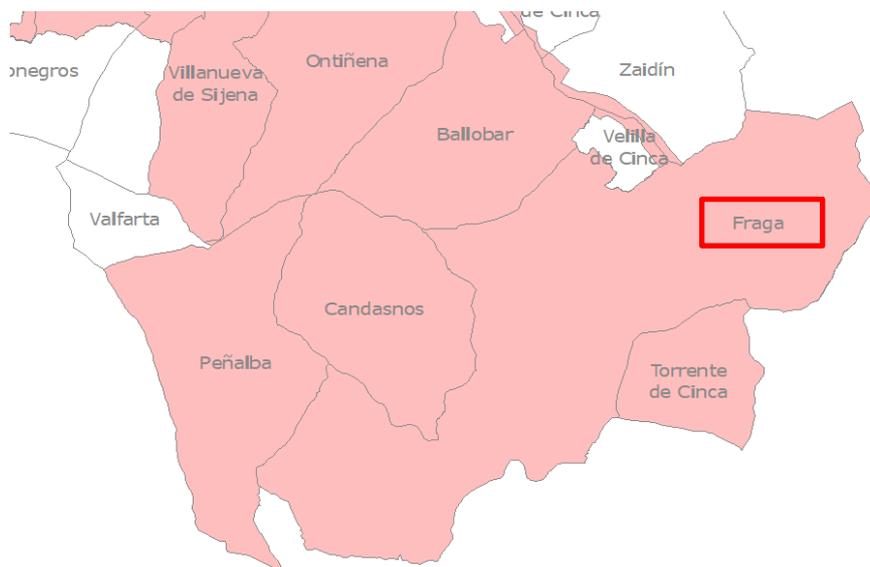
- Instalar sistemas antiescalo de fábrica de ladrillo u obra civil que aíslen o impidan el contacto con las partes metálicas puestas a tierra.
- Disponer de una superficie equipotencial unida al electrodo de puesta a tierra, de 1,2 metros de ancho y perimetral con la cimentación del apoyo.
- Disponer de suelos o pavimentos que aíslen suficientemente de tierra las zonas de servicio peligrosas, de 1,2 metros de anchura y perimetral con la cimentación del apoyo.

### 6.5 MEDIDAS DE PROTECCIÓN DE LA AVIFAUNA

En el diseño de las líneas que afecten o se proyecten en las zonas de protección definidas en el artículo 3 del R.D. 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión, se aplicaran las siguientes medidas correctoras:

- Los puentes y apartamientos deberán mantener siempre las partes en tensión por debajo de la cruceta. Además, se aislarán los puentes y/o partes en tensión de las conexiones en los apoyos especiales (derivaciones, seccionamientos, fusibles, centros de transformación, conversiones, etc.)

- En configuraciones al tresbolillo y en hexágono se asegurará que la distancia entre la semicruceta inferior y el conductor superior es mayor de 1,5 m.
- Para armados de bóveda la distancia entre la cabeza del apoyo y el conductor central, será mayor de 0,88 m., o en caso contrario, se aislará dicho conductor un metro a cada lado del punto de enganche.
- Las distancias mínimas de seguridad entre la cruceta y cualquier punto en tensión del conductor asociado a ella, será:
  - o Para cadenas de suspensión: 0,60 m.
  - o Para cadenas de amarre: 1,00 m.
- En el caso de no poder alcanzarse estas distancias de seguridad mediante la instalación de aisladores, se colocarán alargaderas de protección, de una geometría que dificulte la posada de las aves, colocadas entre la cruceta y los aisladores con objeto de aumentar la distancia entre la zona de posada y los puntos en tensión.
- En cualquier caso, si no es posible obtener la distancia de seguridad mediante la instalación de aisladores y alargaderas, se puede adoptar la solución de aislar el conductor y/o las piezas de conexión.



La reforma de la línea aérea se encuentra dentro de la zona de aplicación del RD 1432/2008, por lo que se instalarán aisladores poliméricos de más de un metro de distancia desde el punto de posada.

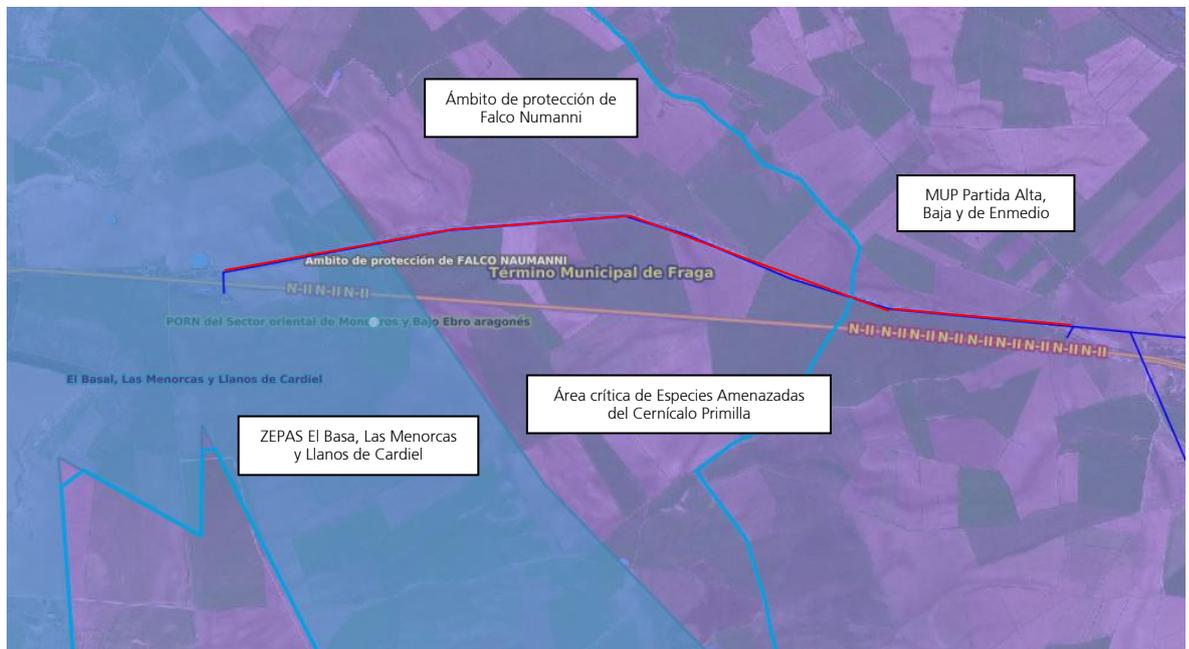
Además, se cumplirán las especificaciones establecidas en el Real Decreto 34/2005, del 8 de febrero, del Gobierno de Aragón por el que se establecen las normas de carácter técnico para las instalaciones eléctricas aéreas con objeto de proteger la avifauna.

- La separación entre las partes activas y las metálicas puestas a tierra será como mínimo de 0,7 m. para ello, se dispondrán alargadores o elementos aislantes para conseguir dicha distancia. Esta separación mínima de seguridad se incrementará a 1 metro cuando el seccionador telemático esté ubicado en espacios naturales protegidos o de Red Natura 2000. En tal caso, se dispondrá la grapa amarre forzada.

- No existirán partes activas por encima de la parte superior del apoyo.
- Es preceptivo el aislamiento de los puentes de unión entre los elementos en tensión en apoyos especiales.

La línea eléctrica objeto del presente proyecto se encuentra dentro o cerca de los siguientes espacios naturales:

- Área crítica de Especies Amenazadas del Cernícalo Primilla (especie de ave).
- Ámbito de Planes de Protección de Especies Amenazadas del FALCO NUMANNI (especie de ave).
- Monte de Utilidad Pública Partida Alta, Baja y de Enmedio, identificado con el Nº MUP 000429
- ZEPAS El Basal, Las Menorcas y Llanos de Cardiel.
- PORN Sector oriental de Monegros y Bajo Ebro Aragonés.



Es por ello que, según el Real decreto 34/2005, del 8 de febrero, del Gobierno de Aragón, dada que la línea a reformar se encuentra dentro de varios espacios de especial protección, será necesario tomar medidas adicionales como la instalación de salvapájaros e instalación de cadenas de aisladores poliméricos de más de un metro de distancia desde el punto de posada.

## 6.6 VÍAS PECUARIAS

Las vías pecuarias son las rutas o itinerarios por donde discurre o ha venido discuriendo tradicionalmente el tránsito ganadero. Su régimen jurídico está regulado en la actualidad por la Ley 3/1995, de 23 de marzo, de vías pecuarias (BOE n. 71 de 24/03/1995) y en la Comunidad Autónoma de Aragón por la Ley 10/2005, de 11 de noviembre, de vías pecuarias de Aragón (BOA n. 139 de 23/11/2005).

La reforma de la línea aérea objeto del presente proyecto se encuentra en la vía pecuaria:

- H-00022 "CAÑADA REAL DE ARAGÓN" (Anchura Oficial 75,22 m) T.M. Fraga.



## 6.7 DISTANCIAS DE SEGURIDAD

Para el cálculo de los distintos elementos de la instalación se tendrán en cuenta las distancias mínimas de seguridad indicadas en el apartado 5 de la ICT-LAT-07 y/o en las correspondientes Especificaciones Particulares de EDE.

A continuación, se indican las distancias mínimas a tener en cuenta en este proyecto.

### 6.7.1 Distancia de aislamiento eléctrico para evitar descargas

Se tendrán en cuenta las siguientes distancias:

$D_{ei}$  = 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.  $D_{ei}$  puede ser tanto interna, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externa, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo.

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

Tabla 6. Distancias de aislamiento eléctrico para evitar descargas (según tabla 15 ITC-LAT 07)

| Tensión más elevada de la red $U_s$ (kV) | $D_{ei}$ (m) | $D_{pp}$ (m) |
|--|--------------|--------------|
| 30                                       | 0,27         | 0,33         |

### 6.7.2 Distancia de los conductores entre sí

La ITC-LAT 07 en el punto 5.4.1, establece que la separación mínima entre conductores se determina con la siguiente expresión:

$$D = K\sqrt{F + L} + K' \cdot D_{pp}$$

Siendo:

D = Separación en m.

- K = Coeficiente de oscilación (Se obtiene de la Tabla 16, apartado 5.4 I de la ITC-LAT 07), depende del ángulo de oscilación, para líneas de 3ª categoría y ángulo de oscilación de hasta 65° es de 0,6.
- F = Flecha máxima en m, para las hipótesis según el apartado 3.2.3 de la ITC-LAT 07.
- L = Longitud de la cadena de suspensión en m.
- K' = 0,75 para las líneas de tercera categoría
- D<sub>pp</sub> = Distancia mínima de aislamiento en el aire para prevenir descargas disruptivas entre conductores en fase de sobretensiones de frente lento o rápido. Viene dado por la tabla del apartado anterior.

La distancia entre los conductores según la casuística de la línea está establecida según los armados empleados, para el caso de los armados triangulares TR2 la distancia entre conductores es de 1,75 metros, superior a la distancia mínima calculada en la fórmula anterior.

### 6.7.3 Distancia entre conductores y el apoyo.

La separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos no será inferior a D<sub>el</sub>, con un mínimo de 0,2 m. En este caso para una tensión nominal de 25 kV, D<sub>el</sub>=0,27 m, por lo que se considera el mínimo de 0,27 m.

Las cadenas de amarre utilizadas tendrán una longitud mínima de 1 metro y de 0,6 para las cadenas de suspensión con el objeto de cumplir con lo establecido en el real decreto 1432/2008, del 29 de agosto, de medidas de protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.

En el caso de las cadenas de suspensión, se considerarán los conductores y la cadena de aisladores desviados bajo la acción de la mitad de la presión de viento correspondiente a un viento de 120 km/h. a estos efectos se considerará la tensión mecánica del conductor sometido a la acción de la mitad de la presión del viento correspondiente a un viento de velocidad 120 km/h y temperatura de -5°C para zona A, de -10 °C para zona B y de - 15 °C para la zona C.

### 6.7.4 Distancias de los conductores al terreno, caminos, sendas y a cursos de agua no navegables

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores eléctricos, con su máxima flecha prevista según las hipótesis de temperatura y hielo más desfavorables, queden situados por encima de cualquier punto del terreno, senda, vereda o cursos de agua no navegables, a una altura mínima de 7 metros.

En lugares de difícil acceso, estas distancias podrán reducirse hasta en un metro.

### 6.7.5 Distancias a otras líneas eléctricas aéreas o líneas aéreas de telecomunicación

En los cruces de líneas eléctricas se situará a mayor altura la de mayor tensión y se procurará que el cruce se efectúe en la proximidad de uno de los apoyos de la línea de tensión más elevada.

### 6.7.6 Distancias a carreteras

En general la ubicación de los apoyos en las proximidades de carreteras será a una distancia de la arista de la calzada superior a vez y media su altura, con un mínimo de 25 metros en carreteras y 50 metros en autovías.

La línea objeto del presente proyecto realiza un cruzamiento con la carretera N-II, en el punto kilométrico P.K. 422+580 m, como se muestra en el plano de planta y perfil. La altura libre del apoyo más cercano a la mencionada carretera es de 14,05 metros, por lo que 1,5 veces su altura resultaría una distancia de 21,075 metros, así que la distancia de 25 metros a la carretera es la más desfavorable.

En cualquier caso, se seguirán las prescripciones indicadas por el órgano competente de la Administración para cada caso particular.

En la siguiente tabla se observan las distancias mínimas indicadas en el Reglamento de Líneas de Alta Tensión (RLAT) y las distancias reales:

| Distancias mínimas RLAT (m) |                      | Distancias reales (m) |                      |
|-----------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| Distancia vertical          | Distancia horizontal | Distancia vertical    | Distancia horizontal |
| 7                           | 25                   | 10,09                 | 50,29 (*)            |

(\*) Distancia medida desde el apoyo proyectado más cercano en dirección perpendicular a la arista exterior de la carretera

Como se puede comprobar, las distancias a la carretera cumplen con el actual Reglamento de Líneas de Alta Tensión.

## 7 ORGANISMOS AFECTADOS

Por el presente proyecto se afectan bienes o servicios que dependen de los Organismos, Corporaciones Oficiales y/o Empresas de Servicio Público que se relacionan a continuación.

| ENTIDAD AFECTADA  | DESCRIPCIÓN DE LA AFECCIÓN   |
|---|--|
| Servicio provincial de Industria de Huesca  | Legalización de Proyecto   |
| Excmo. Ayuntamiento de Fraga  | Proyecto de ejecución de reforma LAMT  |
| Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana. Carreteras                             | Cruzamiento y paralelismo con la Carretera N-II en el P.K. 422+580m                |
| Instituto Aragonés de Gestión Ambiental (INAGA). Dpto. de desarrollo rural y sostenibilidad | Reforma de LAMT "ALCOLEA" Vía Pecuaria Cañada Real de Aragón (H-00022)             |
| Instituto Aragonés de Gestión Ambiental (INAGA). Dpto. de desarrollo rural y sostenibilidad | Reforma de LAMT "ALCOLEA" dentro del MUP Partida Alta, Baja y de Enmedio Nª 000429 |

## 8 PLAN DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

La obra tendrá una duración estimada de 60 días.

## 9 RESUMEN DE DATOS

### 9.1 LÍNEA ELÉCTRICA AÉREA DE M.T.

|  |  |
|--|--|
| 1. Tipo                                  | Línea aérea de media tensión (corriente alterna trifásica) |
| 2. Finalidad                             | Reforma de LAMT "ALCOLEA"                                  |
| 3. Origen                                | Apoyo metálico a sustituir N°50                            |
| 4. Final                                 | Apoyo metálico a sustituir N°81                            |
| 5. Términos Municipales afectados        | Fraga  |
| 6. Tensión                               | 25 kV  |
| 7. Longitud Total Existente / Proyectada | 4238,26 m  |
| 8. Número de circuitos                   | 1  |
| 9. Número de cables                      | 3  |
| 10. Material conductor                   | 47-AL1/8-ST1A LA-56  |
| 11. Conductor                            | LA-56  |

### 9.2 PARCELAS CATASTRALES AFECTADAS

Por el presente proyecto se afectan a las parcelas y polígonos catastrales que se relacionan a continuación.

| Nº PARCELA SEGÚN PROYECTO | DATOS DE LA FINCA |            |             | AFECCIÓN TRAMO AÉREO |                                 | USOS DEL SUELO |
|---------------------------|-------------------|------------|-------------|----------------------|---------------------------------|----------------|
|                           | TÉRMINO MUNICIPAL | Nº Parcela | Nº Polígono | LONG (m)             | Nº APOYO                        |                |
| 1                         | FRAGA             | 22         | 27          | 70,83                | Nº50                            | Agrario        |
| 2                         | FRAGA             | 9009       | 27          | 7,64                 |                                 | Agrario        |
| 3                         | FRAGA             | 117        | 33          | 104,32               | Nº 51 existente                 | Agrario        |
| 4                         | FRAGA             | 9002       | 41          | 0,00                 |                                 | Agrario        |
| 5                         | FRAGA             | 33         | 41          | 3258,07              | Nº 53 al Nº 55 y Nº 61 al Nº 75 | Agrario        |
| 6                         | FRAGA             | 4          | 41          | 638,91               | Nº 53-Nº 55                     | Agrario        |
| 7                         | FRAGA             | 5          | 41          | 0,00                 |                                 | Agrario        |
| 8                         | FRAGA             | 7          | 41          | 158,16               |                                 | Agrario        |
| 9                         | FRAGA             | 8          | 41          | 636,34               | Nº 61 al Nº 64                  | Agrario        |
| 10                        | FRAGA             | 9          | 41          | 136,47               | Nº 65                           | Agrario        |
| 11                        | FRAGA             | 10         | 41          | 165,66               | Nº 66                           | Agrario        |
| 12                        | FRAGA             | 11         | 41          | 261,84               | Nº 67 y Nº 68                   | Agrario        |
| 13                        | FRAGA             | 12         | 41          | 207,83               | Nº 68                           | Agrario        |
| 14                        | FRAGA             | 13         | 41          | 201,45               | Nº 70                           | Agrario        |
| 15                        | FRAGA             | 14         | 41          | 504,57               | Nº 71 - Nº 73                   | Agrario        |
| 16                        | FRAGA             | 16         | 41          | 153,83               | Nº 74                           | Agrario        |
| 17                        | FRAGA             | 17         | 41          | 70,84                | Nº 75                           | Agrario        |
| 18                        | FRAGA             | 19         | 41          | 122,17               |                                 | Agrario        |
| 19                        | FRAGA             | 9005       | 41          | 4,05                 |                                 | Agrario        |
| 20                        | FRAGA             | 18         | 41          | 257,09               | Nº 76 y Nº 77                   | Agrario        |
| 21                        | FRAGA             | 29         | 41          | 801,95               |                                 | Agrario        |
| 22                        | FRAGA             | 21         | 41          | 544,86               | Nº 78 al Nº 81                  | Agrario        |

### 9.3 GESTIÓN DE RESIDUOS

En el presente proyecto se generan residuos, y así se certifica en el Anexo 2 del presente proyecto.

### 9.4 CONCLUSIONES

Expuesto el objeto y la utilidad del presente proyecto, se espera que el mismo merezca la aprobación de la Administración y el Ayuntamiento, y se emitan las autorizaciones pertinentes para su tramitación y puesta en servicio.

Huesca, Agosto 2021



El ingeniero Técnico Industrial  
Rafael Flores Ventura  
Número de Colegiado 5.557  
del Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros  
Técnicos Industriales de Málaga

## Anexo 1

### Cálculos Justificativos

## 1 CÁLCULOS ELÉCTRICOS

Los cálculos eléctricos que definen los materiales a instalar se justifican en función de las siguientes premisas.

### 1.1 CAPACIDAD DE TRANSPORTE DEL CABLE

La potencia máxima a transportar por la línea será:

$$P_{m\acute{a}x} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{m\acute{a}x} \cdot \cos \varphi_{med}$$

Siendo:

|                      |  |
|----------------------|--|
| $P_{m\acute{a}x}$    | Potencia máxima a transportar, en kW.              |
| $U$                  | Tensión nominal de la línea, en kV.                |
| $I_{m\acute{a}x}$    | Intensidad máxima admisible del conductor, en A.   |
| $\cos \varphi_{med}$ | Factor de potencia medio de las cargas receptoras. |

La intensidad máxima admisible de corriente se obtiene de acuerdo a lo indicado en el apartado 4.2 de la ITC-LAT 07.

La densidad máxima de corriente admisible por un conductor de sección  $S$  se obtiene de la tabla 11 del citado apartado, interpolando entre la sección inferior y superior y aplicando el correspondiente coeficiente reductor en función de su composición.

$$I_{m\acute{a}x} = \sigma \cdot S$$

Siendo:

|          |  |
|----------|--|
| $\sigma$ | Densidad máxima admisible por un conductor, en A/mm <sup>2</sup> . |
| $S$      | Sección del conductor, en mm <sup>2</sup> .                        |

Los conductores más habituales empleados en las LAMT de EDE y su intensidad máxima admisible se indican en la Tabla 1.

Tabla 1. Intensidad máxima admisible conductor LA-56

| Conductor en zonas sin contaminación o con contaminación ligera | Sección (mm <sup>2</sup> ) | Alambres Aluminio | Alambres Acero | Intensidad máxima admisible |
|---|----------------------------|-------------------|----------------|-----------------------------|
| 47-AL1/8-ST1A LA-56   | 54,6                       | 6                 | 1              | 197                         |

$$P_{m\acute{a}x} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{m\acute{a}x} \cdot \cos \varphi_{med} = \sqrt{3} \cdot 25 \cdot 197 \cdot 0,8 = 6.824,28 \text{ kW}$$

### 1.2 CAÍDA DE TENSIÓN

La caída de tensión vendrá dada por la siguiente expresión:

$$\Delta U = \frac{P \cdot L}{U} \cdot (R_{50} + X \cdot \tan \varphi) \text{ en valor absoluto}$$

$$\Delta U(\%) = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R_{50} + X \cdot \tan \varphi) \text{ en valor porcentual}$$

Siendo:

- $\Delta U$  Caída de tensión, en V.
- P Potencia a transportar, en kW.
- L Longitud de la línea, en km.
- U Tensión nominal de la línea, en kV.
- $R_{50}$  Resistencia del conductor a 50°C en  $\Omega/\text{km}$ .
- X Reactancia del conductor, en  $\Omega/\text{km}$ .
- $\varphi$  Angulo de desfase, en radianes.

Tabla 2. Resistencia a 50°C, 80°C y 85°C.

| Conductor           | Resistencia a 50°C<br>( $\Omega/\text{km}$ ) | Resistencia a 80°C<br>( $\Omega/\text{km}$ ) | Resistencia a 85°C<br>( $\Omega/\text{km}$ ) |
|---------------------|--|--|--|
| 47-AL1/8-ST1A LA-56 | 0,6870                                       | 0,7611                                       | 0,7734                                       |

Tenemos que  $R_{50} = 0,687 \Omega/\text{km}$ ,  $X=0,435 \Omega/\text{km}$ ,  $\varphi=\arcs(0,8) = 36,87^\circ$ ,  $L= 5,25 \text{ km}$ .

Por consiguiente:

$$\Delta U = \left( 6824,28 \cdot \frac{5,25}{25} \right) \cdot (0,687 + 0,435 * \tan 36,87) = 1.452,09 \text{ V}$$

$$\Delta U(\%) = 5,8 \%$$

Obteniendo una caída de tensión, inferior al 7% de la tensión de servicio de la línea, según indica el artículo 104 en su punto 3 del Real Decreto 1955/2000.

### 1.3 PÉRDIDAS DE POTENCIA

Se analizarán las pérdidas de potencia por efecto Joule en la línea calculadas de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\Delta P = 3 \cdot R_{50} \cdot L \cdot I^2$$

Siendo:

- $\Delta P$  Perdidas de potencia por efecto Joule
- $R_{50}$  Resistencia del conductor a 50°C en  $\Omega/\text{km}$ .
- L Longitud de la línea, en km.
- I Intensidad de la línea, en amperios.

Por tanto:

$$\Delta P = 3 \cdot 0,687 \cdot 5,25 \cdot 197^2 = 419,92 \text{ kW}$$



## 2 CÁLCULOS MECÁNICOS

### 2.1 CÁLCULO MECÁNICO DE LOS CONDUCTORES DESNUDOS

Los criterios de cálculo mecánico de conductores desnudos (en adelante conductores) se establecen en base a lo especificado en el apartado 3 de la ITC-LAT 07.

Las tensiones mecánicas y las flechas con que debe tenderse el conductor dependen de la longitud del vano y de la temperatura del conductor en el momento del tendido, de forma que al variar ésta, la tensión del conductor en las condiciones más desfavorables no sobrepase los límites establecidos. En el cálculo mecánico de los conductores se aplicarán los criterios de diseño indicados en el apartado 2.2 y siguientes.

### 2.2 CARGAS PERMANENTES

Serán las originadas por las cargas verticales gravitatorias de los conductores, aisladores, cable y herrajes.

A efectos de cálculo, también se considerarán cargas permanentes, aquellas que se mantienen indistintamente de la hipótesis del reglamento que se contemple, como por ejemplo los desequilibrios permanentes.

Los pesos de los conductores y herrajes de las líneas objeto del presente documento tomarán como referencia las normas informativas **AND010** para los conductores, **AND009** para los herrajes y **AND012** para los aisladores compuestos.

### 2.3 CARGA DE VIENTO

Se considerará un viento mínimo de referencia de 120 km/h (33,3 m/s) de velocidad, supuesto de componente horizontal y actuando perpendicularmente a las superficies sobre las que incide.

En caso de que se prevea un viento excepcional y superior a 120 km/h, su valor  $V_v$  será fijado por el proyectista en función de las velocidades registradas en las estaciones meteorológicas más próximas a la zona por donde transcurre la línea.

La presión del viento sobre el conductor se calcula para la velocidad especificada  $V_v$  de la forma siguiente, según apartado 3.1.2.1. de la ITC-LAT 07:

$$q = 60 \cdot \left(\frac{v_v}{120}\right)^2 \text{ [daN/m}^2\text{]} \text{ para conductores de } d \leq 16\text{mm}$$

$$q = 50 \cdot \left(\frac{v_v}{120}\right)^2 \text{ [daN/m}^2\text{]} \text{ para conductores de } d > 16\text{mm}$$

Por lo tanto, la acción total del viento sobre el conductor se obtiene de la siguiente expresión:

$$P_v = q \cdot d \text{ [daN/m]}$$

Siendo:

- d Diámetro del conductor en m.
- q Presión del viento.

Resultando una presión de viento de:

Tabla 3. Presión de viento por metro lineal para el conductor LA-56

| Denominación conductor | Denominación antigua | Diámetro conductor (mm) | $q_v$ para viento de 120 km/h (daN/m) | $q_v$ para viento de 160 km/h (daN/m) | $q_v$ para viento de 180 km/h (daN/m) |
|------------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 47-AL1/8-ST1A          | LA 56                | 9,45                    | 0,567                                 | 1,008                                 | 1,276                                 |



### 2.3.1 Carga de hielo

Las sobrecargas de hielo a considerar para el cálculo de conductores en función de la zona en que se proyecten serán las siguientes:

Zona A: Altitud inferior a 500 m

No se tendrá en cuenta sobrecarga alguna motivada por el hielo.

Zona B: Altitud comprendida entre 500 y 1000 m

Se considerarán sometidos los conductores a la sobrecarga de un manguito de hielo de valor,  $P_h = 0,18 \cdot \sqrt{d}$  daN/m, siendo "d" el diámetro del conductor en milímetros.

Zona C: Altitud superior a 1000 m

Se considerarán sometidos los conductores a la sobrecarga de un manguito de hielo de valor,  $P_h = 0,36 \cdot \sqrt{d}$  daN/m, siendo "d" el diámetro del conductor en milímetros. Para altitudes superiores a 1500 metros, el proyectista deberá establecer las sobrecargas de hielo mediante estudios pertinentes, no pudiéndose considerar sobrecarga de hielo inferior a la indicada anteriormente.

Para acciones climatológicas no contempladas en el reglamento y de origen diferente a las definidas en el mismo, se adoptarán las medidas necesarias mediante los cálculos justificativos adecuados.

### 2.3.2 Hipótesis de tracciones máximas

Las hipótesis de sobrecarga que deberán considerarse para el cálculo de la tracción máxima en los conductores serán las definidas en el apartado 3.2.1 ITC-LAT 07 del RLAT, según la zona por la que discorra la línea, considerando una velocidad de viento de 120 km/h. Las sobrecargas que les son aplicables son las siguientes:

Tabla 4. Resumen hipótesis de tracciones máximas (tabla 4 ITC-LAT 07)

| ZONA A, altitud inferior a 500 m               |                  |                                       |                                     |
|--|------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Hipótesis                                      | Temperatura (°C) | Sobrecarga de viento                  | Sobrecarga de hielo                 |
| Tracción máxima de viento                      | -5               | Según apartado 2.3 y 3.1.2 ITC-LAT 07 | No se aplica                        |
| ZONA B, altitud comprendida entre 500 y 1000 m |                  |                                       |                                     |
| Hipótesis                                      | Temperatura (°C) | Sobrecarga de viento                  | Sobrecarga de hielo                 |
| Tracción máxima de viento                      | -10              | Según apartado 2.3 y 3.1.2 ITC-LAT 07 | No se aplica                        |
| Tracción máxima de hielo                       | -15              | No se aplica                          | Según apartado 0 y 3.1.3 ITC-LAT 07 |
| ZONA C, altitud superior a 1000 m              |                  |                                       |                                     |
| Hipótesis                                      | Temperatura (°C) | Sobrecarga de viento                  | Sobrecarga de hielo                 |
| Tracción máxima de viento                      | -15              | Según apartado 2.3 y 3.1.2 ITC-LAT 07 | No se aplica                        |
| Tracción máxima de hielo                       | -20              | No se aplica                          | Según apartado 0 y 3.1.3 ITC-LAT 07 |



En caso de que se prevea la aparición en la zona de un viento excepcional, se considerarán los conductores, a la temperatura de -5°C en zona A, -10°C en zona B y -15 °C en zona C, sometidos a su propio peso y a una sobrecarga de viento correspondiente a una velocidad superior a 120 km/h.

El valor de la velocidad de viento excepcional será fijado por el proyectista, en función de las velocidades registradas en las estaciones meteorológicas más próximas a la zona por donde transcurre la línea.

En altitudes superiores a 1.500 m se realizarán estudios específicos para determinar la sobrecarga motivada por el hielo, no pudiendo ser nunca inferior a la indicada para la zona C.

La tracción máxima de los conductores no resultará superior a su carga de rotura mínima, dividida por 3, considerándolos sometidos a la hipótesis de sobrecarga de la tabla 4 en función de que la zona sea A, B o C. Las tensiones máximas son las indicadas en la tabla 5.

Tabla 5. Tracción máximas aplicables para el conductor LA-56

| Denominación conductor | Denominación antigua | Carga de rotura (daN) | Máxima tracción admisible (daN) | Coefficiente de seguridad |
|------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------------|---------------------------|
| 47-AL1/8-ST1A          | LA 56                | 1.640                 | 546,66                          | 3,00                      |

### 2.3.3 Hipótesis de flechas máximas

De acuerdo con el apartado 3.2.3 de la ITC-LAT 07, se determinará la flecha máxima de los conductores en las siguientes hipótesis:

- Hipótesis de viento:** Sometidos a la acción de su peso propio y a una sobrecarga de viento, según apartado 3.1.2. ITC-LAT 07 a la temperatura de +15°C, con una velocidad de 120 km/h.
- Hipótesis de temperatura:** Sometidos a la acción de su peso propio a la temperatura de +50°C.
- Hipótesis de hielo:** Sometidos a la acción de su peso propio y a una sobrecarga de hielo según zona, según apartado 3.1.3 ITC-LAT 07, a la temperatura de 0°C.

La sobrecarga de hielo será, según zona:

- No se considera para zona A.
- $018 \cdot \sqrt{d}$  daN/m para zona B.
- $036 \cdot \sqrt{d}$  daN/m para zona C.

Siendo "d" el diámetro del cable en milímetros.

En altitudes superiores a 1.500 m se realizarán estudios específicos para determinar la sobrecarga motivada por el hielo, no pudiendo ser nunca inferior a la indicada para la zona C.

### 2.3.4 Determinación de la tracción en los conductores

Para el cálculo de las flechas y tensiones de los conductores a partir de unas condiciones iniciales preestablecidas, se utiliza la ecuación de cambio de condiciones en su forma exacta:

$$\frac{2 \cdot T_2}{p_2} \cdot \sinh \frac{a \cdot p_2}{2 \cdot T_2} = \frac{2 \cdot T_1}{p_1} \cdot \sinh \frac{a \cdot p_1}{2 \cdot T_1} \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\theta_2 - \theta_1) + \frac{T_1 - T_2}{E \cdot S} \right]$$

Donde:

- E Módulo de elasticidad en daN/mm<sup>2</sup>.
- $\alpha$  Coeficiente de dilatación lineal en °C<sup>-1</sup>.
- S Sección del conductor en mm<sup>2</sup>.
- A Vano en m.
- T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> Tenses en daN en los estados inicial y final.
- p<sub>1</sub>, p<sub>2</sub> Peso del conductor en los estados inicial y final en daN/m.
- $\theta_1$ ,  $\theta_2$  Temperaturas del conductor en los estados inicial y final en °C.

Para condiciones de viento o de hielo será necesario tener en cuenta, para la resolución de la ecuación de cambio de condiciones, la velocidad del viento V<sub>v</sub> y el coeficiente C para el cálculo del peso del manguito de hielo en función de la zona y el diámetro del conductor.

### 2.3.5 Determinación de las flechas

Conocido el valor de T<sub>2</sub>, se calcula la flecha correspondiente con la ecuación siguiente:

$$f = \frac{T_2}{p_2} \cdot \left( \cosh \frac{a \cdot p_2}{2 \cdot T_2} - 1 \right)$$

Siendo:

- F Máxima flecha del conductor.
- A Vano en m.
- T<sub>2</sub> Tense en daN en el estado final.
- p<sub>2</sub> Peso del conductor en el estado final en daN/m.

El vano de cálculo de regulación se determinará para cada serie de vanos comprendidos entre dos apoyos de amarre y vendrá dado por la expresión:

$$VANO_{regulación} = \sqrt{\frac{\sum a^3}{\sum a}}$$

Para los diferentes vanos comprendidos entre los apoyos de amarre, las flechas de regulación se determinarán a partir de la expresión:

$$FLECHA_{vano a regular} = FLECHA_{vano regulación} \cdot \left( \frac{VANO_{a regular}}{VANO_{regulación}} \right)^2$$



### 2.3.6 Fenómenos vibratorios

El valor denominado EDS, "every day stress", representa la carga media de todos los días, situación en la que a lo largo del año están los cables un mayor período de tiempo, y que se mide como porcentaje respecto a la carga de rotura:

$$EDS = \frac{\text{Tracción del cable a } 15^{\circ}\text{C de temperatura y calma}}{\text{Carga de rotura del cable}} \%$$

Los resultados de EDS se encuentra reflejado en el apartado de Cálculos Justificativos.

Cuando el EDS es inferior al 15 %, no se producen fenómenos vibratorios que dañen el conductor, por lo tanto, el diseño de las líneas será tal que la tracción a la temperatura de 15°C no supere el 15% de la carga de rotura.

En el diseño se tendrá también en cuenta que el CHS o tensión del conductor en horas frías no sea superior al 20%.

El cable de fibra óptica, en su caso, se protegerá siempre mediante antivibradores.

### 2.3.7 Cálculo de apoyos

El dimensionado mecánico de los apoyos se realizará teniendo en cuenta:

- El coeficiente de seguridad para la tracción máxima admisible de los conductores será como mínimo de 3, considerando las diferentes hipótesis de sobrecargas establecidas en la tabla 4 de la ITC-LAT 07,
- Además del peso propio de los conductores, se contemplarán las hipótesis de sobrecarga que establece la ITC-LAT 07, apartado 3.1.
- En cumplimiento de la ITC-LAT 07, apartado 3.1.2, se considerará un viento mínimo de 120 km/h sobre los elementos de la línea.
- Para el cálculo de la distancia mínima entre los conductores se considerará un coeficiente de oscilación, k, que figura en la Tabla 16, apartado 5.4 de la ITC-LAT 07, correspondiente a una  $U_n \leq 30$  KV.
- Los cálculos se realizarán para las sobrecargas según zona B.
- Las hipótesis de cálculo, según la ITC-LAT 07, apartado 3.5.3, serán las siguientes:
  - 1ª hipótesis: viento.
  - 2ª hipótesis: hielo.
  - 3ª hipótesis: desequilibrio tracciones.
  - 4ª hipótesis: rotura de conductor.
- En caso de cruces o paralelismos, según el apartado 5.3 ITC-LAT 07, el coeficiente de seguridad para los apoyos, crucetas y cimentaciones deberá ser un 25% superior a lo establecido para el caso de hipótesis normales 1H, 2H y 3H (3H solamente en caso de prescindir de la 4H).

Para el dimensionado de todos los apoyos, se aplicarán las expresiones descritas a continuación, para cada una de las situaciones de cada apoyo.

Tabla 6. Tabla de cálculo apoyos según hipótesis reglamentarias

| Tipo de Apoyo   | Tipo de Esfuerzo   | 1ª Hipótesis (Viento)   | 2ª Hipótesis (Hielo)                     | 3ª Hipótesis (Desequilibrio de tracciones)  | 4ª Hipótesis (Rotura de conductor)  |
|---|--|---|--|---|---|
| Suspensión en alineación  | V  | $P_{cond.} + P_{cad.} + P_{herr.}$  | $P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{herr.}$ | $P_{cond.} + P_{cad.} + P_{herr.}$ (zona A)<br>$P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{herr.}$ (zonas B y C) |   |
|   |  | $P_{cond} = n \cdot p \left[ \frac{a_1+a_2}{2} + \frac{T_v}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right) \right] \quad p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2}$ $P_{cond+hielo} = n \cdot p_{ap} \left[ \frac{a_1+a_2}{2} + \frac{T_h}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right) \right] \quad p_{ap} = p + h$   |  |   |   |
|   | T  | $n \cdot F_T = n \cdot q \cdot d \cdot \frac{a_1 + a_2}{2}$   | 0  | 0   | 0   |
| Amarre en alineación  | V  | $P_{cond.} + P_{cad.} + P_{herr.}$  | $P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{herr.}$ | $P_{cond.} + P_{cad.} + P_{herr.}$ (zona A)<br>$P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{herr.}$ (zonas B y C) |   |
|   |  | $P_{cond} = n \cdot p \left[ \frac{a_1+a_2}{2} + \frac{T_{v1}}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{v2}}{p_{ap}} \left( \frac{d_2}{a_2} \right) \right] \quad p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2}$ $P_{cond+hielo} = n \cdot p_{ap} \left[ \frac{a_1+a_2}{2} + \frac{T_{h1}}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{h2}}{p_{ap}} \left( \frac{d_2}{a_2} \right) \right] \quad p_{ap} = p + h$ |  |   |   |
| Suspensión en alineación  | L  | 0   | 0  | $n \cdot (\%des.) \cdot T_v$ (A)<br>$n \cdot (\%des.) \cdot T_h$ (B y C)<br>$n \cdot (T_2 - T_1)$     | $(\%rot.) \cdot T_v$ (A)<br>$n \cdot (\%des.) \cdot T_h (\%rot.) \cdot T_h$ (B y C)<br>$n \cdot (\%rot.) \cdot T_v$ |
|   | <p>% des. = Coeficiente desequilibrio; 8% para <math>U_n \leq 66</math> kV<br/>                     % rot. = Coeficiente rotura en % de la tensión del cable roto: 50%</p> |   |  |   |   |
| Amarre en alineación  | T  | $n \cdot F_T = n \cdot q \cdot d \cdot \frac{a_1 + a_2}{2}$   | 0  | 0   | 0   |
|   | L  | 0   | 0  | $n \cdot (\%des.) \cdot T_v$ (A)<br>$n \cdot (\%des.) \cdot T_h$ (B y C)<br>$n \cdot (T_2 - T_1)$     | $T_v$ (A)<br>$n \cdot (\%des.) \cdot T_h$ (B y C)   |
| <p>% des. = Coeficiente desequilibrio; 15% para <math>U_n \leq 66</math> kV</p> |  |   |  |   |   |

V = esfuerzo vertical

T = esfuerzo transversal

L = esfuerzo longitudinal

| Tipo de Apoyo  | Tipo de Esfuerzo  | 1ª Hipótesis (Viento)   | 2ª Hipótesis (Hielo)   | 3ª Hipótesis (Desequilibrio de tracciones)   | 4ª Hipótesis (Rotura de conductor)   |
|--|---|---|--|--|--|
| Suspensión en ángulo   | V   | $P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$   | $P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$  | $P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$ (zona A)<br>$P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$ (zonas B y C)  |  |
|  |   | $P_{cond} = n \cdot p \left[ \frac{a_1+a_2}{2} + \frac{T_v}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right) \right] \quad p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2}$ $P_{cond+hielo} = n \cdot p_{ap} \left[ \frac{a_1+a_2}{2} + \frac{T_h}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right) \right] \quad p_{ap} = p + h$   |  |  |  |
|  | T   | $n \cdot (F_T + R_{\hat{a}ng})$   | $n \cdot R_{\hat{a}ng.hielo}$  | $n \cdot (2 - \%des.) \cdot T_v \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (A)<br>$n \cdot (2 - \%des.) \cdot T_h \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (B y C) | $(2 \cdot n - 1) \cdot \%rot. \cdot T_v \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (A)<br>$(2 \cdot n - 1) \cdot \%rot. \cdot T_h \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (B y C) |
|  | $F_T = q \cdot d \cdot \frac{a_1+a_2}{2} \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right), R_{\hat{a}ng} = 2 \cdot T_v \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right), R_{\hat{a}ng.hielo} = 2 \cdot T_h \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ |   |  |  |  |
| L  | 0   | 0   | $n \cdot (\%des.) \cdot T_v \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (A)<br>$n \cdot (\%des.) \cdot T_h \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (B y C) | $\%rot. \cdot T_v \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (A)<br>$\%rot. \cdot T_h \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (B y C)                             |  |
| % des. = Coeficiente disequilibrio; 8% para $U_n \leq 66$ kV<br>% rot. = Coeficiente rotura en % de la tensión del cable roto: 50% |   |   |  |  |  |
| Amarre en ángulo   | V   | $P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$   | $P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$  | $P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$ (zona A)<br>$P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$ (zonas B y C)  |  |
|  |   | $P_{cond} = n \cdot p \left[ \frac{a_1+a_2}{2} + \frac{T_{v1}}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{v2}}{p_{ap}} \left( \frac{d_2}{a_2} \right) \right] \quad p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2}$ $P_{cond+hielo} = n \cdot p_{ap} \left[ \frac{a_1+a_2}{2} + \frac{T_{h1}}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{h2}}{p_{ap}} \left( \frac{d_2}{a_2} \right) \right] \quad p_{ap} = p + h$ |  |  |  |
|  | T   | $n \cdot (F_T + R_{\hat{a}ng})$   | $n \cdot R_{\hat{a}ng.hielo}$  | $n \cdot (2 - \%des.) \cdot T_v \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (A)<br>$n \cdot (2 - \%des.) \cdot T_h \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (B y C) | $(2 \cdot n - 1) \cdot T_v \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (A)<br>$(2 \cdot n - 1) \cdot T_h \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (B y C)                           |
|  | $F_T = q \cdot d \cdot \frac{a_1+a_2}{2} \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right), R_{\hat{a}ng} = 2 \cdot T_v \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right), R_{\hat{a}ng.hielo} = 2 \cdot T_h \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ |   |  |  |  |
| L  | 0   | 0   | $n \cdot (\%des.) \cdot T_v \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (A)<br>$n \cdot (\%des.) \cdot T_h \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (B y C) | $T_v \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (A)<br>$T_h \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (B y C)   |  |
| % des. = Coeficiente disequilibrio; 15% para $U_n \leq 66$ kV.   |   |   |  |  |  |

V = esfuerzo vertical

T = esfuerzo transversal

L = esfuerzo longitudinal



| Tipo de Apoyo   | Tipo de Esfuerzo | 1ª Hipótesis (Viento)   | 2ª Hipótesis (Hielo)                    | 3ª Hipótesis (Desequilibrio de tracciones)   | 4ª Hipótesis (Rotura de conductor)   |
|---|------------------|---|---|--|--|
| Anclaje en alineación   | V                | $P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$   | $P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$ | $P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$ (zona A)<br>$P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$ (zonas B y C)  |  |
|   |                  | $P_{cond} = n \cdot p \left[ \frac{a_1+a_2}{2} + \frac{T_{v1}}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{v2}}{p_{ap}} \left( \frac{d_2}{a_2} \right) \right] \quad p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2}$ $P_{cond+hielo} = n \cdot p_{ap} \left[ \frac{a_1+a_2}{2} + \frac{T_{h1}}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{h2}}{p_{ap}} \left( \frac{d_2}{a_2} \right) \right] \quad p_{ap} = p + h$ |   |  |  |
|   | T                | $n \cdot F_T = n \cdot q \cdot d \cdot \frac{a_1 + a_2}{2}$   | 0                                       | 0  | 0  |
|   | L                | 0   | 0                                       | $n \cdot (\%des.) \cdot T_v$ (A)<br>$n \cdot (\%des.) \cdot T_h$ (B y C) n · (%des.) · T <sub>v</sub><br>$n \cdot (T_2 - T_1)$                                   | $n \cdot (\%rot.) \cdot T_v$ (A)<br>$n \cdot (\%des.) \cdot T_h$ (B y C)   |
| <p>% des. = Coeficiente desequilibrio para apoyos de anclaje; 50%.<br/>% rot. = Coeficiente rotura para apoyos de anclaje en % de la rotura total del haz; 100%</p> |                  |   |   |  |  |
| Anclaje en ángulo   | V                | $P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$   | $P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$ | $P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$ (zona A)<br>$P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$ (zonas B y C)  |  |
|   |                  | $P_{cond} = n \cdot p \left[ \frac{a_1+a_2}{2} + \frac{T_{v1}}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{v2}}{p_{ap}} \left( \frac{d_2}{a_2} \right) \right] \quad p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2}$ $P_{cond+hielo} = n \cdot p_{ap} \left[ \frac{a_1+a_2}{2} + \frac{T_{h1}}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{h2}}{p_{ap}} \left( \frac{d_2}{a_2} \right) \right] \quad p_{ap} = p + h$ |   |  |  |
|   | T                | $n \cdot (F_T + R_{áng})$   | $n \cdot R_{áng.hielo}$                 | $n \cdot (2 - \%des.) \cdot T_v \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (A)<br>$n \cdot (2 - \%des.) \cdot T_h \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (B y C) | $n \cdot \%rot. \cdot T_v \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (A)<br>$n \cdot \%rot. \cdot T_h \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (B y C) |
|   | L                | 0   | 0                                       | $n \cdot (\%des.) \cdot T_v \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (A)<br>$n \cdot (\%des.) \cdot T_h \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (B y C)         | $\%rot. \cdot T_v \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (A)<br>$\%rot. \cdot T_h \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (B y C)                 |
| <p>% des. = Coeficiente desequilibrio para apoyos de anclaje; 50%.<br/>% rot. = Coeficiente rotura para apoyos de anclaje en % de la rotura total del haz; 100%</p> |                  |   |   |  |  |
| Fin de Línea  | V                | $P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$   | $P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$ | No se aplica   | $P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$ (A)<br>$P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$ (B y C)   |
|   |                  | $P_{cond.} = n \cdot p \left[ \frac{a_1}{2} + \frac{T_v}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} \right) \right] \quad p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2}$ $P_{cond+hielo} = n \cdot p_{ap} \left[ \frac{a_1}{2} + \frac{T_v}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} \right) \right] \quad p_{ap} = p + h$  |   |  |  |
|   | T                | $n \cdot F_T = n \cdot q \cdot d \cdot \frac{a_1}{2}$   | 0                                       | No se aplica   | 0  |
| L   | $n \cdot T_v$    | $n \cdot T_h$   | No se aplica                            | $n \cdot T_v$ (A)<br>$n \cdot T_h$ (B y C)   |  |

V = esfuerzo vertical

T = esfuerzo transversal

L = esfuerzo longitudinal

| Tipo de Apoyo | Tipo de Esfuerzo                                      | 1ª Hipótesis (Viento)  | 2ª Hipótesis (Hielo)                    | 3ª Hipótesis (Desequilibrio de tracciones) | 4ª Hipótesis (Rotura de conductor)   |
|---------------|---|--|---|--|--|
| Fin de Línea  | V   | $P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$  | $P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$ | No se aplica                               | $P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$ (A)<br>$P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$ (B y C) |
|               |   | $P_{cond.} = n \cdot p \left[ \frac{a_1}{2} + \frac{T_v}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} \right) \right] \quad p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2}$ $P_{cond+hielo} = n \cdot p_{ap} \left[ \frac{a_1}{2} + \frac{T_v}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} \right) \right] \quad p_{ap} = p + h$ |   |  |  |
|               | $n \cdot F_T = n \cdot q \cdot d \cdot \frac{a_1}{2}$ | 0  | No se aplica                            | 0  |  |
|               | L   | $n \cdot T_v$  | $n \cdot T_h$                           | No se aplica                               | $n \cdot T_v$ (A)<br>$n \cdot T_h$ (B y C)   |

V = esfuerzo vertical

T = esfuerzo transversal

L = esfuerzo longitudinal

|             |   |         |
|-------------|---|---------|
| $P_{cond.}$ | Peso de los conductores   | daN     |
| $P_{cad.}$  | Peso de las cadenas de aisladores   | daN     |
| $P_{her.}$  | Peso de los herrajes  | daN     |
| $p$         | Peso propio de un metro de conductor  | daN/m   |
| $h$         | Sobrecarga de hielo (según zona) por cada metro de conductor  | daN/m   |
| $q$         | Presión del viento sobre un metro de conductor a la velocidad reglamentaria   | daN/m   |
| $p_{ap.}$   | Peso aparente, resultante del peso propio del conductor más la sobrecarga según hipótesis y zona por metro de conductor | daN/m   |
| $a_1$       | Vano anterior   | m       |
| $a_2$       | Vano posterior  | daN · m |
| $d_1$       | Desnivel vano anterior  | m       |
| $d_2$       | Desnivel vano posterior   | m       |
| $n$         | Nº de conductores   |         |
| $d$         | Diámetro del conductor  | m       |
| $\alpha$    | Ángulo de desviación de la línea  | Grados  |
| $T_v$       | Tensión horizontal máxima en un conductor a la temperatura según zona con viento reglamentario                          | daN     |
| $T_h$       | Tensión horizontal máxima en un conductor con sobrecarga de hielo y temperatura según zona                              | daN     |
| $F_T$       | Esfuerzo transversal de un conductor debido al viento   | daN     |
| $R_{gn.}$   | Esfuerzo resultante en ángulo de un conductor   | m       |

En las líneas de tensión nominal objeto del presente proyecto tipo, en los apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de aislamiento de suspensión y amarre con conductores de carga mínima de rotura inferior a 6600 daN, se puede prescindir de la consideración de la cuarta hipótesis cuando en la línea se verifiquen simultáneamente las siguientes condiciones:

- Que los conductores tengan un coeficiente de seguridad de 3 como mínimo.
- Que el coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera sea el correspondiente a las hipótesis normales.
- Que se instalen apoyos de anclaje, como máximo, cada 3 kilómetros.

Para todas las hipótesis se considerará como carga permanente el desequilibrio que pueda existir en un apoyo de anclaje cuando los tenses de un lado y otro del apoyo no tengan la misma magnitud. Este tipo de acción no debe confundirse con la hipótesis de desequilibrio (3ª hipótesis el reglamento) que viene especificada en la ITC-LAT 07, hipótesis que se tiene en cuenta por posibles desequilibrios en operaciones de montaje, pero que una vez finalizadas dejan de existir.



Además, en el cálculo de los apoyos metálicos de celosía se tendrá en cuenta la ecuación resistente de acuerdo con lo indicado en el apartado 5.1 de la Norma UNE 207017, al objeto de obtener el máximo aprovechamiento mecánico de los apoyos en función de las características de las solicitudes.

De este modo las cargas verticales no serán limitativas de la carga máxima centrada que puedan soportar los apoyos. Su valor puede ser superior si las cargas horizontales, longitudinal o transversal, son menores a las indicadas en la tabla 6.

En general, los apoyos metálicos de celosía deben verificar la siguiente expresión:

$$V_1 + K \cdot H_1 \leq V + K \cdot H$$

Siendo:

- $V_1$  Carga vertical centrada a la que se somete el apoyo.
- $K$  Constante para cada apoyo. Coeficiente de repercusión de las cargas horizontales frente a las verticales. Normalmente este valor adopta el valor de  $K=5$ .
- $H_1$  Carga horizontal a la que se somete el apoyo.
- $V$  Carga vertical centrada de trabajo más sobrecarga (tabla 6)
- $H$  Carga horizontal de trabajo más sobrecarga (tabla 6).  $H \geq H_1$ .

**Tabla 7. Ecuación resistente para  $K=5$**

| Carga nominal daN | Cargas especificadas                |       | Ecuación resistente $V+K \cdot H$ | Valor máximo de H |
|-------------------|-------------------------------------|-------|-----------------------------------|-------------------|
|                   | Carga de trabajo más sobrecarga daN |       |                                   |                   |
|                   | V                                   | H     |                                   |                   |
| 500               | 600                                 | 500   | 3.100                             | 500               |
| 1.000             | 600                                 | 1.000 | 5.600                             | 1.000             |
| 2.000             | 600                                 | 2.000 | 10.600                            | 2.000             |
| 3.000             | 800                                 | 3.000 | 15.800                            | 3.000             |
| 4.500             | 800                                 | 4.000 | 23.300                            | 4.500             |
| 7.000             | 1.200                               | 7.000 | 36.200                            | 7.000             |
| 9.000             | 1.200                               | 9.000 | 46.200                            | 9.000             |

En ningún caso, la carga vertical centrada  $V_1$ , será mayor que 3 veces la carga vertical nominal,  $V$  ( $V_1 \leq 3V$ ).

### 2.3.8 Aisladores

Según establece la ITC-LAT 07, apartado 3.4, el coeficiente de seguridad mecánico de los aisladores no será inferior a 3. Si la carga de rotura electromecánica mínima garantizada se obtuviese mediante control estadístico en la recepción, el coeficiente de seguridad podrá reducirse a 2,5.

$$C.S. = \frac{\text{Carga rotura aislador}}{T_{\text{máx}}} \geq 3$$

Las cadenas de aisladores que se usaran en función de los conductores de la línea se definen en la siguiente tabla:

Tabla 8. Aislador seleccionado amarre y suspensión

| Aislador          | Carga de rotura (daN) | Tracción máxima admisible (daN) | Conductores admisibles | Tensión nominal / Tensión más elevada | Nivel contaminación |
|-------------------|-----------------------|---------------------------------|------------------------|---------------------------------------|---------------------|
| CS 70 EB 125/555  | 7.000                 | 2.333                           | LA 56                  | 20/24                                 | Ligero              |
| CS 70 EB 125/1150 | 7.000                 | 2.333                           | LA 56                  | 20/24                                 | Ligero              |

Cuando las sollicitaciones mecánicas lo requieran podrán acoplarse dos cadenas de aisladores mediante un yugo.

También se tendrá que comprobar que la cadena de aisladores seleccionada cumple los niveles de aislamiento para tensiones soportadas (tablas 12 y 13 del apartado 4.4 de la ITC-LAT 07) en función de las Gamas I (corta duración a frecuencia industrial y a la tensión soportada a impulso tipo rayo) y II (impulso tipo maniobra y la tensión soportada a impulso tipo rayo).

### 2.3.9 Herrajes

Según establece el apartado 3.3 de la ITC-LAT 07, los herrajes sometidos a tensión mecánica por los conductores, o por los aisladores, deberán tener un coeficiente de seguridad mecánica no inferior a 3 respecto a su carga mínima de rotura.

Cuando la carga mínima de rotura se comprobare sistemáticamente mediante ensayos, el coeficiente de seguridad podrá reducirse a 2,5.

Las grapas de amarre del conductor deben soportar una tensión mecánica en el amarre igual o superior al 95% de la carga de rotura del mismo, sin que se produzca su deslizamiento.

Las características de los herrajes utilizados para las cadenas de los conductores tomarán como referencia la norma informativa AND009 **Herrajes y accesorios para conductores desnudos en líneas aéreas AT hasta 36 kV.**

## 2.4 TABLAS RESUMEN

### 2.4.1 Datos de la línea

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| Datos de la línea              | Fase  |
| Tensión(kV)                    | 25    |
| Conductor                      | LA-56 |
| Número de fases                | 3     |
| Número de conductores por fase | 1     |
| Longitud Cadena Suspensión (m) | 0,6   |
| Longitud Cadena Amarre (m)     | 1     |
| Altura del puente              | 1     |
| Temp. Max. Tendido (°C)        | 50    |
| Velocidad del viento           | 120   |



**ecoinTEGRAL**

e-distribución

Conductor LA-56 (54,6 mm<sup>2</sup>):

- Designación: LA-56
- Sección (mm<sup>2</sup>): 54,6
- Diámetro (mm): 9,5
- Carga de rotura (daN): 1670
- Peso (daN/m): 0,189
- Módulo de elasticidad (daN/mm<sup>2</sup>): 8100
- Coeficiente de dilatación (°C-1): 0,0000191
- Resistencia kilométrica (Ohm/km): 0,6134
- Composición: 6+1



2.4.2 Hipótesis de cálculo para tensiones máximas

| Zona A          |  | Zona B                    |  | Zona C                    |  |
|-----------------|--|---------------------------|--|---------------------------|--|
| -5°C+V(120km/h) |  | -10°C+V(120km/h), -15°C+H |  | -15°C+V(120km/h), -20°C+H |  |

| Tramo  | Conductor | Zona | Vano (m) | Desnivel (m) | Vano Reg. (m) | Const. Caten. | E.D.S.  |               | T.H.F. % | Tensiónes y Flechas |                                 | 0°C+H                          |                         | 50°C                     |                         |
|--------|-----------|------|----------|--------------|---------------|---------------|---------|---------------|----------|---------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
|        |           |      |          |              |               |               | Cálc. % | Valor máxi. % |          | Temp. °C            | T. viento 1/2 (120km/h) T (daN) | T. máxima hielo+viento T (daN) | T. máxima hielo T (daN) | T. máxima viento T (daN) | T. máxima hielo T (daN) |
| 50- 51 | LA-56     | A    | 168      | 0,85         | 168           | 745           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,31               | 304                             | 441                            | 4,78                    | 138                      | 4,74                    |
| 51- 52 | LA-56     | A    | 144      | -0,90        | 144           | 712           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,79               | 306                             | 424                            | 3,65                    | 132                      | 3,64                    |
| 52- 53 | LA-56     | A    | 159      | -4,90        | 159           | 734           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,47               | 305                             | 435                            | 4,34                    | 136                      | 4,31                    |
| 53- 54 | LA-56     | A    | 170      | -1,97        | 150           | 721           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,65               | 305                             | 428                            | 3,92                    | 134                      | 3,90                    |
| 54- 55 | LA-56     | A    | 173      | -0,44        | 173           | 751           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,24               | 304                             | 444                            | 5,03                    | 139                      | 4,99                    |
| 55- 56 | LA-56     | A    | 157      | -1,87        | 157           | 731           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,51               | 305                             | 433                            | 4,24                    | 135                      | 4,22                    |
| 56- 57 | LA-56     | A    | 171      | 0,60         | 171           | 748           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,27               | 304                             | 443                            | 4,93                    | 139                      | 4,89                    |
| 57- 58 | LA-56     | A    | 202      | -2,39        | 202           | 778           | 10,00   | 10,00         | 15       | 10,90               | 303                             | 459                            | 6,64                    | 144                      | 6,57                    |
| 58- 59 | LA-56     | A    | 187      | -1,61        | 187           | 765           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,05               | 303                             | 452                            | 5,78                    | 142                      | 5,72                    |
| 59- 60 | LA-56     | A    | 188      | -0,65        | 188           | 766           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,04               | 303                             | 452                            | 5,83                    | 142                      | 5,78                    |
| 60- 61 | LA-56     | A    | 173      | -0,98        | 173           | 751           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,24               | 304                             | 444                            | 5,03                    | 139                      | 4,99                    |
| 61- 62 | LA-56     | A    | 172      | -1,50        | 172           | 749           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,25               | 304                             | 443                            | 4,98                    | 139                      | 4,94                    |
| 62- 63 | LA-56     | A    | 168      | -1,45        | 168           | 745           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,31               | 304                             | 441                            | 4,78                    | 138                      | 4,74                    |
| 63- 64 | LA-56     | A    | 168      | -2,61        | 168           | 745           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,31               | 304                             | 441                            | 4,78                    | 138                      | 4,74                    |
| 64- 65 | LA-56     | A    | 186      | 0,73         | 186           | 764           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,07               | 303                             | 451                            | 5,72                    | 142                      | 5,67                    |
| 65- 66 | LA-56     | A    | 172      | -5,69        | 172           | 749           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,25               | 304                             | 443                            | 4,98                    | 139                      | 4,94                    |
| 66- 67 | LA-56     | A    | 160      | -1,70        | 160           | 735           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,45               | 305                             | 436                            | 4,39                    | 136                      | 4,36                    |
| 67- 68 | LA-56     | A    | 172      | -3,58        | 172           | 749           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,25               | 304                             | 443                            | 4,98                    | 139                      | 4,94                    |
| 68- 69 | LA-56     | A    | 176      | -4,28        | 176           | 754           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,19               | 304                             | 446                            | 5,19                    | 140                      | 5,14                    |
| 69- 70 | LA-56     | A    | 162      | -2,51        | 162           | 737           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,41               | 304                             | 437                            | 4,48                    | 137                      | 4,45                    |
| 70- 71 | LA-56     | A    | 175      | -3,05        | 175           | 753           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,21               | 304                             | 445                            | 5,14                    | 139                      | 5,09                    |
| 71- 72 | LA-56     | A    | 160      | -3,41        | 160           | 735           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,45               | 305                             | 436                            | 4,39                    | 136                      | 4,36                    |
| 72- 73 | LA-56     | A    | 152      | -2,58        | 152           | 724           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,61               | 305                             | 430                            | 4,01                    | 134                      | 3,99                    |
| 73- 74 | LA-56     | A    | 153      | -3,98        | 153           | 725           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,59               | 305                             | 431                            | 4,06                    | 134                      | 4,04                    |
| 74- 75 | LA-56     | A    | 155      | -4,19        | 155           | 728           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,55               | 305                             | 432                            | 4,15                    | 135                      | 4,13                    |
| 75- 76 | LA-56     | A    | 144      | -2,25        | 144           | 712           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,79               | 306                             | 424                            | 3,65                    | 132                      | 3,64                    |
| 76- 77 | LA-56     | A    | 159      | -2,78        | 159           | 734           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,47               | 305                             | 435                            | 4,34                    | 136                      | 4,31                    |
| 77- 78 | LA-56     | A    | 156      | -1,61        | 156           | 730           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,53               | 305                             | 433                            | 4,20                    | 135                      | 4,17                    |
| 78- 79 | LA-56     | A    | 150      | -4,89        | 150           | 721           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,65               | 305                             | 428                            | 3,92                    | 134                      | 3,91                    |
| 79- 80 | LA-56     | A    | 152      | -0,30        | 152           | 724           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,61               | 305                             | 430                            | 4,01                    | 134                      | 3,99                    |
| 80- 81 | LA-56     | A    | 167      | -3,97        | 167           | 744           | 10,00   | 10,00         | 15       | 11,33               | 304                             | 440                            | 4,73                    | 138                      | 4,69                    |
| 81- 82 | LA-56     | A    | 97       | 2,02         | 97            | 610           | 10,00   | 10,00         | 15       | 13,77               | 311                             | 375                            | 1,87                    | 113                      | 1,93                    |
| 82- CT | LA-56     | A    | 23       | -4,25        | 23            | 230           | 10,00   | 10,00         | 15       | 19,53               | 326                             | 221                            | 0,18                    | 43                       | 0,29                    |



2.4.3 Tensiones y Flechas

| Tramo  | Conduc-tor | Zona | Vano (m) | Desnivel (m) | Vano Regulación (m) | Tensiones y Flechas |       |         |       |         |       |         |       |         |       |         |       |
|--------|------------|------|----------|--------------|---------------------|---------------------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
|        |            |      |          |              |                     | -5°C                |       | 0°C     |       | 5°C     |       | 10°C    |       | 15°C    |       | 20°C    |       |
|        |            |      |          |              |                     | T (daN)             | F (m) | T (daN) | F (m) | T (daN) | F (m) | T (daN) | F (m) | T (daN) | F (m) | T (daN) | F (m) |
| 50- 51 | LA-56      | A    | 168,30   | 0,85         | 168,00              | 185                 | 3,54  | 179     | 3,66  | 173     | 3,78  | 168     | 3,89  | 163     | 4,00  | 159     | 4,12  |
| 51- 52 | LA-56      | A    | 143,60   | -0,90        | 144,00              | 193                 | 2,49  | 184     | 2,61  | 176     | 2,72  | 170     | 2,83  | 163     | 2,94  | 158     | 3,05  |
| 52- 53 | LA-56      | A    | 158,78   | -4,90        | 159,00              | 187                 | 3,13  | 180     | 3,25  | 174     | 3,36  | 169     | 3,48  | 163     | 3,59  | 158     | 3,70  |
| 53- 54 | LA-56      | A    | 149,62   | -1,97        | 150,00              | 190                 | 2,74  | 183     | 2,86  | 175     | 2,97  | 169     | 3,08  | 163     | 3,19  | 158     | 3,30  |
| 54- 55 | LA-56      | A    | 173,05   | -0,44        | 173,00              | 183                 | 3,78  | 178     | 3,90  | 173     | 4,02  | 168     | 4,13  | 163     | 4,25  | 159     | 4,36  |
| 55- 56 | LA-56      | A    | 157,02   | -1,87        | 157,00              | 188                 | 3,04  | 181     | 3,16  | 174     | 3,27  | 169     | 3,39  | 163     | 3,50  | 158     | 3,61  |
| 56- 57 | LA-56      | A    | 170,78   | 0,60         | 171,00              | 184                 | 3,68  | 178     | 3,80  | 173     | 3,92  | 168     | 4,04  | 163     | 4,15  | 159     | 4,26  |
| 57- 58 | LA-56      | A    | 201,83   | -2,39        | 202,00              | 178                 | 5,31  | 174     | 5,44  | 170     | 5,56  | 167     | 5,68  | 163     | 5,79  | 160     | 5,91  |
| 58- 59 | LA-56      | A    | 186,69   | -1,61        | 187,00              | 181                 | 4,49  | 176     | 4,61  | 171     | 4,73  | 167     | 4,85  | 163     | 4,96  | 160     | 5,08  |
| 59- 60 | LA-56      | A    | 187,80   | -0,65        | 188,00              | 180                 | 4,54  | 176     | 4,66  | 171     | 4,78  | 167     | 4,90  | 163     | 5,02  | 160     | 5,13  |
| 60- 61 | LA-56      | A    | 172,93   | -0,98        | 173,00              | 183                 | 3,78  | 178     | 3,90  | 173     | 4,02  | 168     | 4,13  | 163     | 4,25  | 159     | 4,36  |
| 61- 62 | LA-56      | A    | 171,52   | -1,50        | 172,00              | 184                 | 3,73  | 178     | 3,85  | 173     | 3,97  | 168     | 4,08  | 163     | 4,20  | 159     | 4,31  |
| 62- 63 | LA-56      | A    | 168,16   | -1,45        | 168,00              | 185                 | 3,54  | 179     | 3,66  | 173     | 3,78  | 168     | 3,89  | 163     | 4,00  | 159     | 4,12  |
| 63- 64 | LA-56      | A    | 167,73   | -2,61        | 168,00              | 185                 | 3,54  | 179     | 3,66  | 173     | 3,78  | 168     | 3,89  | 163     | 4,01  | 159     | 4,12  |
| 64- 65 | LA-56      | A    | 185,82   | 0,73         | 186,00              | 181                 | 4,44  | 176     | 4,56  | 171     | 4,68  | 167     | 4,79  | 163     | 4,91  | 160     | 5,02  |
| 65- 66 | LA-56      | A    | 171,94   | -5,69        | 172,00              | 184                 | 3,73  | 178     | 3,85  | 173     | 3,97  | 168     | 4,09  | 163     | 4,20  | 159     | 4,31  |
| 66- 67 | LA-56      | A    | 159,67   | -1,70        | 160,00              | 187                 | 3,17  | 180     | 3,29  | 174     | 3,41  | 168     | 3,52  | 163     | 3,63  | 159     | 3,74  |
| 67- 68 | LA-56      | A    | 172,36   | -3,58        | 172,00              | 184                 | 3,73  | 178     | 3,85  | 173     | 3,97  | 168     | 4,09  | 163     | 4,20  | 159     | 4,31  |
| 68- 69 | LA-56      | A    | 176,45   | -4,28        | 176,00              | 183                 | 3,93  | 177     | 4,05  | 172     | 4,17  | 168     | 4,28  | 163     | 4,40  | 159     | 4,51  |
| 69- 70 | LA-56      | A    | 162,45   | -2,51        | 162,00              | 186                 | 3,26  | 180     | 3,38  | 174     | 3,50  | 168     | 3,61  | 163     | 3,72  | 159     | 3,83  |
| 70- 71 | LA-56      | A    | 174,96   | -3,05        | 175,00              | 183                 | 3,88  | 178     | 4,00  | 172     | 4,12  | 168     | 4,23  | 163     | 4,35  | 159     | 4,46  |
| 71- 72 | LA-56      | A    | 160,33   | -3,41        | 160,00              | 187                 | 3,17  | 180     | 3,29  | 174     | 3,41  | 168     | 3,52  | 163     | 3,63  | 159     | 3,74  |
| 72- 73 | LA-56      | A    | 151,61   | -2,58        | 152,00              | 190                 | 2,82  | 182     | 2,94  | 175     | 3,06  | 169     | 3,17  | 163     | 3,28  | 158     | 3,39  |
| 73- 74 | LA-56      | A    | 153,35   | -3,98        | 153,00              | 189                 | 2,87  | 182     | 2,98  | 175     | 3,10  | 169     | 3,21  | 163     | 3,32  | 158     | 3,43  |
| 74- 75 | LA-56      | A    | 155,17   | -4,19        | 155,00              | 189                 | 2,95  | 181     | 3,07  | 175     | 3,19  | 169     | 3,30  | 163     | 3,41  | 158     | 3,52  |
| 75- 76 | LA-56      | A    | 143,59   | -2,25        | 144,00              | 193                 | 2,49  | 184     | 2,61  | 176     | 2,72  | 170     | 2,83  | 163     | 2,94  | 158     | 3,05  |
| 76- 77 | LA-56      | A    | 158,70   | -2,78        | 159,00              | 187                 | 3,13  | 180     | 3,25  | 174     | 3,36  | 169     | 3,48  | 163     | 3,59  | 158     | 3,70  |
| 77- 78 | LA-56      | A    | 155,90   | -1,61        | 156,00              | 188                 | 3,00  | 181     | 3,11  | 175     | 3,23  | 169     | 3,34  | 163     | 3,45  | 158     | 3,56  |
| 78- 79 | LA-56      | A    | 149,63   | -4,89        | 150,00              | 190                 | 2,74  | 183     | 2,86  | 175     | 2,97  | 169     | 3,08  | 163     | 3,19  | 158     | 3,30  |
| 79- 80 | LA-56      | A    | 152,47   | -0,30        | 152,00              | 190                 | 2,82  | 182     | 2,94  | 175     | 3,05  | 169     | 3,17  | 163     | 3,28  | 158     | 3,39  |
| 80- 81 | LA-56      | A    | 166,64   | -3,97        | 167,00              | 185                 | 3,49  | 179     | 3,61  | 173     | 3,73  | 168     | 3,85  | 163     | 3,96  | 159     | 4,07  |
| 81- 82 | LA-56      | A    | 97,13    | 2,02         | 97,00               | 225                 | 0,97  | 206     | 1,06  | 189     | 1,15  | 175     | 1,24  | 163     | 1,33  | 153     | 1,43  |
| 82- CT | LA-56      | A    | 23,41    | -4,25        | 23,00               | 319                 | 0,04  | 279     | 0,04  | 239     | 0,05  | 200     | 0,06  | 163     | 0,08  | 129     | 0,10  |



ecoinTEGRAL

e-distribución

| Tramo  | Conductor | Zona | Vano (m) | Desnivel (m) | Vano Regulación (m) | Tensiones y Flechas |       |         |       |         |       |         |       |         |       |         |       |         |       |         |       |  |  |
|--------|-----------|------|----------|--------------|---------------------|---------------------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|--|--|
|        |           |      |          |              |                     | 25°C                |       |         | 30°C  |         |       | 35°C    |       |         | 40°C  |         |       | 45°C    |       |         | 50°C  |  |  |
|        |           |      |          |              |                     | T (daN)             | F (m) | T (daN) | F (m) | T (daN) | F (m) | T (daN) | F (m) | T (daN) | F (m) | T (daN) | F (m) | T (daN) | F (m) | T (daN) | F (m) |  |  |
| 50- 51 | LA-56     | A    | 168,30   | 0,85         | 168,00              | 155                 | 4,22  | 151     | 4,33  | 147     | 4,44  | 144     | 4,54  | 141     | 4,64  | 138     | 4,74  |         |       |         |       |  |  |
| 51- 52 | LA-56     | A    | 143,60   | -0,90        | 144,00              | 152                 | 3,15  | 148     | 3,25  | 143     | 3,36  | 139     | 3,45  | 135     | 3,55  | 132     | 3,64  |         |       |         |       |  |  |
| 52- 53 | LA-56     | A    | 158,78   | -4,90        | 159,00              | 154                 | 3,81  | 150     | 3,91  | 146     | 4,01  | 142     | 4,12  | 139     | 4,22  | 136     | 4,31  |         |       |         |       |  |  |
| 53- 54 | LA-56     | A    | 149,62   | -1,97        | 150,00              | 153                 | 3,41  | 149     | 3,51  | 144     | 3,61  | 141     | 3,71  | 137     | 3,81  | 134     | 3,90  |         |       |         |       |  |  |
| 54- 55 | LA-56     | A    | 173,05   | -0,44        | 173,00              | 155                 | 4,47  | 152     | 4,58  | 148     | 4,68  | 145     | 4,79  | 142     | 4,89  | 139     | 4,99  |         |       |         |       |  |  |
| 55- 56 | LA-56     | A    | 157,02   | -1,87        | 157,00              | 154                 | 3,71  | 151     | 3,82  | 146     | 3,92  | 142     | 4,02  | 139     | 4,12  | 135     | 4,22  |         |       |         |       |  |  |
| 56- 57 | LA-56     | A    | 170,78   | 0,60         | 171,00              | 155                 | 4,37  | 151     | 4,48  | 148     | 4,58  | 145     | 4,69  | 141     | 4,79  | 139     | 4,89  |         |       |         |       |  |  |
| 57- 58 | LA-56     | A    | 201,83   | -2,39        | 202,00              | 157                 | 6,02  | 154     | 6,13  | 152     | 6,24  | 149     | 6,35  | 146     | 6,46  | 144     | 6,57  |         |       |         |       |  |  |
| 58- 59 | LA-56     | A    | 186,69   | -1,61        | 187,00              | 156                 | 5,19  | 153     | 5,30  | 150     | 5,41  | 147     | 5,51  | 144     | 5,62  | 142     | 5,72  |         |       |         |       |  |  |
| 59- 60 | LA-56     | A    | 187,80   | -0,65        | 188,00              | 156                 | 5,24  | 153     | 5,35  | 150     | 5,46  | 147     | 5,57  | 144     | 5,67  | 142     | 5,78  |         |       |         |       |  |  |
| 60- 61 | LA-56     | A    | 172,93   | -0,98        | 173,00              | 155                 | 4,47  | 152     | 4,58  | 148     | 4,68  | 145     | 4,79  | 142     | 4,89  | 139     | 4,99  |         |       |         |       |  |  |
| 61- 62 | LA-56     | A    | 171,52   | -1,50        | 172,00              | 155                 | 4,42  | 151     | 4,53  | 148     | 4,63  | 145     | 4,74  | 142     | 4,84  | 139     | 4,94  |         |       |         |       |  |  |
| 62- 63 | LA-56     | A    | 168,16   | -1,45        | 168,00              | 155                 | 4,22  | 151     | 4,33  | 147     | 4,44  | 144     | 4,54  | 141     | 4,64  | 138     | 4,74  |         |       |         |       |  |  |
| 63- 64 | LA-56     | A    | 167,73   | -2,61        | 168,00              | 155                 | 4,23  | 151     | 4,33  | 147     | 4,44  | 144     | 4,54  | 141     | 4,64  | 138     | 4,74  |         |       |         |       |  |  |
| 64- 65 | LA-56     | A    | 185,82   | 0,73         | 186,00              | 156                 | 5,13  | 153     | 5,24  | 150     | 5,35  | 147     | 5,46  | 144     | 5,56  | 142     | 5,67  |         |       |         |       |  |  |
| 65- 66 | LA-56     | A    | 171,94   | -5,69        | 172,00              | 155                 | 4,42  | 151     | 4,53  | 148     | 4,64  | 145     | 4,74  | 142     | 4,84  | 139     | 4,94  |         |       |         |       |  |  |
| 66- 67 | LA-56     | A    | 159,67   | -1,70        | 160,00              | 154                 | 3,85  | 150     | 3,96  | 146     | 4,06  | 143     | 4,16  | 139     | 4,26  | 136     | 4,36  |         |       |         |       |  |  |
| 67- 68 | LA-56     | A    | 172,36   | -3,58        | 172,00              | 155                 | 4,42  | 151     | 4,53  | 148     | 4,63  | 145     | 4,74  | 142     | 4,84  | 139     | 4,94  |         |       |         |       |  |  |
| 68- 69 | LA-56     | A    | 176,45   | -4,28        | 176,00              | 155                 | 4,62  | 152     | 4,73  | 149     | 4,83  | 145     | 4,94  | 142     | 5,04  | 140     | 5,14  |         |       |         |       |  |  |
| 69- 70 | LA-56     | A    | 162,45   | -2,51        | 162,00              | 154                 | 3,94  | 150     | 4,05  | 146     | 4,15  | 143     | 4,25  | 140     | 4,35  | 137     | 4,45  |         |       |         |       |  |  |
| 70- 71 | LA-56     | A    | 174,96   | -3,05        | 175,00              | 155                 | 4,57  | 152     | 4,68  | 148     | 4,78  | 145     | 4,89  | 142     | 4,99  | 139     | 5,09  |         |       |         |       |  |  |
| 71- 72 | LA-56     | A    | 160,33   | -3,41        | 160,00              | 154                 | 3,85  | 150     | 3,96  | 146     | 4,06  | 143     | 4,16  | 139     | 4,26  | 136     | 4,36  |         |       |         |       |  |  |
| 72- 73 | LA-56     | A    | 151,61   | -2,58        | 152,00              | 153                 | 3,49  | 149     | 3,60  | 145     | 3,70  | 141     | 3,80  | 137     | 3,90  | 134     | 3,99  |         |       |         |       |  |  |
| 73- 74 | LA-56     | A    | 153,35   | -3,98        | 153,00              | 153                 | 3,54  | 149     | 3,64  | 145     | 3,74  | 141     | 3,84  | 138     | 3,94  | 134     | 4,04  |         |       |         |       |  |  |
| 74- 75 | LA-56     | A    | 155,17   | -4,19        | 155,00              | 154                 | 3,63  | 149     | 3,73  | 145     | 3,83  | 142     | 3,93  | 138     | 4,03  | 135     | 4,13  |         |       |         |       |  |  |
| 75- 76 | LA-56     | A    | 143,59   | -2,25        | 144,00              | 152                 | 3,15  | 148     | 3,26  | 143     | 3,36  | 139     | 3,45  | 135     | 3,55  | 132     | 3,64  |         |       |         |       |  |  |
| 76- 77 | LA-56     | A    | 158,70   | -2,78        | 159,00              | 154                 | 3,80  | 150     | 3,91  | 146     | 4,01  | 142     | 4,11  | 139     | 4,21  | 136     | 4,31  |         |       |         |       |  |  |
| 77- 78 | LA-56     | A    | 155,90   | -1,61        | 156,00              | 154                 | 3,67  | 149     | 3,77  | 145     | 3,88  | 142     | 3,98  | 138     | 4,08  | 135     | 4,17  |         |       |         |       |  |  |
| 78- 79 | LA-56     | A    | 149,63   | -4,89        | 150,00              | 153                 | 3,41  | 149     | 3,51  | 144     | 3,61  | 141     | 3,71  | 137     | 3,81  | 134     | 3,91  |         |       |         |       |  |  |
| 79- 80 | LA-56     | A    | 152,47   | -0,30        | 152,00              | 153                 | 3,49  | 149     | 3,60  | 145     | 3,70  | 141     | 3,80  | 137     | 3,90  | 134     | 3,99  |         |       |         |       |  |  |
| 80- 81 | LA-56     | A    | 166,64   | -3,97        | 167,00              | 155                 | 4,18  | 151     | 4,28  | 147     | 4,39  | 144     | 4,49  | 141     | 4,59  | 138     | 4,69  |         |       |         |       |  |  |
| 81- 82 | LA-56     | A    | 97,13    | 2,02         | 97,00               | 144                 | 1,51  | 136     | 1,60  | 129     | 1,69  | 123     | 1,77  | 118     | 1,85  | 113     | 1,93  |         |       |         |       |  |  |
| 82- CT | LA-56     | A    | 23,41    | -4,25        | 23,00               | 101                 | 0,12  | 79      | 0,16  | 65      | 0,19  | 55      | 0,23  | 48      | 0,26  | 43      | 0,29  |         |       |         |       |  |  |



e-distribución

eointegral

#### 2.4.4 Esfuerzos por fase

| Apoyo nº | Tipo    | Valor ángulo | Coeficien. de seguridad | Alt. cond. en perfil necesaria m | Altura conductor real m | Desviaci. cadena | Flecha máxima m | Separaci. conduct. m | Contrape. daN | Coeficientes L, N, S |                        |                       |
|----------|---------|--------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------|------------------|-----------------|----------------------|---------------|----------------------|------------------------|-----------------------|
|          |         |              |                         |                                  |                         |                  |                 |                      |               | Semi suma vanos L    | Diferencia tangentes N | Coefficiente ángulo S |
| 50       | Estrel. | —            | N                       | 15,00                            | 12,72                   | —                | 4,74            | 1,66                 | —             | 84,00                | 0,005                  | —                     |
| 51       | Ali-Ama | —            | N                       | 15,50                            | 15,11                   | —                | 4,74            | 1,66                 | —             | 156,00               | 0,011                  | —                     |
| 52       | Ali-Ama | —            | N                       | 15,50                            | 15,11                   | —                | 4,31            | 1,60                 | —             | 151,50               | 0,025                  | —                     |
| 53       | Ali-Ama | —            | N                       | 12,33                            | 13,14                   | —                | 4,31            | 1,60                 | —             | 154,50               | -0,018                 | —                     |
| 54       | Ali-Ama | —            | N                       | 12,28                            | 13,14                   | —                | 4,99            | 1,70                 | —             | 161,50               | -0,011                 | —                     |
| 55       | Ali-Ama | —            | N                       | 13,69                            | 13,14                   | —                | 4,99            | 1,70                 | —             | 165,00               | 0,009                  | —                     |
| 56       | Ali-Ama | —            | N                       | 12,73                            | 15,11                   | —                | 4,89            | 1,68                 | —             | 164,00               | -0,015                 | —                     |
| 57       | Ang-Anc | 169          | N                       | 14,45                            | 15,09                   | —                | 6,57            | 1,91                 | —             | 186,50               | 0,015                  | 0,192                 |
| 58       | Ali-Ama | —            | N                       | 14,63                            | 15,11                   | —                | 6,57            | 1,91                 | —             | 194,50               | -0,003                 | —                     |
| 59       | Ali-Ama | —            | N                       | 14,81                            | 15,11                   | —                | 5,78            | 1,81                 | —             | 187,50               | -0,005                 | —                     |
| 60       | Ang-Anc | 173          | N                       | 13,57                            | 15,09                   | —                | 5,78            | 1,81                 | —             | 180,50               | 0,002                  | 0,122                 |
| 61       | Ali-Ama | —            | N                       | 13,13                            | 13,14                   | —                | 4,99            | 1,70                 | —             | 172,50               | 0,003                  | —                     |
| 62       | Ali-Ama | —            | N                       | 13,29                            | 13,14                   | —                | 4,94            | 1,69                 | —             | 170,00               | -0,000                 | —                     |
| 63       | Ali-Ama | —            | N                       | 13,68                            | 13,14                   | —                | 4,74            | 1,66                 | —             | 168,00               | 0,007                  | —                     |
| 64       | Ang-Anc | 172          | N                       | 12,73                            | 15,09                   | —                | 5,67            | 1,79                 | —             | 177,00               | -0,020                 | 0,140                 |
| 65       | Ali-Ama | —            | N                       | 14,71                            | 13,14                   | —                | 5,67            | 1,79                 | —             | 179,00               | 0,037                  | —                     |
| 66       | Ang-Anc | 159          | N                       | 11,63                            | 13,12                   | —                | 4,94            | 1,69                 | —             | 166,00               | -0,022                 | 0,364                 |
| 67       | Ali-Ama | —            | N                       | 13,30                            | 13,14                   | —                | 4,94            | 1,69                 | —             | 166,00               | 0,010                  | —                     |
| 68       | Ali-Ama | —            | N                       | 13,44                            | 15,11                   | —                | 5,14            | 1,72                 | —             | 174,00               | 0,003                  | —                     |
| 69       | Ali-Ama | —            | N                       | 12,98                            | 13,14                   | —                | 5,14            | 1,72                 | —             | 169,00               | -0,009                 | —                     |
| 70       | Ali-Ama | —            | N                       | 12,95                            | 13,14                   | —                | 5,09            | 1,71                 | —             | 168,50               | 0,002                  | —                     |
| 71       | Ali-Ama | —            | N                       | 13,36                            | 13,14                   | —                | 5,09            | 1,71                 | —             | 167,50               | 0,004                  | —                     |
| 72       | Ang-Anc | 174          | N                       | 12,46                            | 13,12                   | —                | 4,36            | 1,60                 | —             | 156,00               | -0,004                 | 0,105                 |
| 73       | Ali-Ama | —            | N                       | 12,71                            | 13,14                   | —                | 4,04            | 1,55                 | —             | 152,50               | 0,009                  | —                     |
| 74       | Ali-Ama | —            | N                       | 13,29                            | 13,14                   | —                | 4,13            | 1,57                 | —             | 154,00               | 0,001                  | —                     |
| 75       | Ali-Ama | —            | N                       | 12,19                            | 13,14                   | —                | 4,13            | 1,57                 | —             | 149,50               | -0,011                 | —                     |
| 76       | Ali-Ama | —            | N                       | 11,87                            | 13,14                   | —                | 4,31            | 1,60                 | —             | 151,50               | 0,002                  | —                     |
| 77       | Ali-Ama | —            | N                       | 12,05                            | 13,14                   | —                | 4,31            | 1,60                 | —             | 157,50               | -0,007                 | —                     |
| 78       | Ali-Ama | —            | N                       | 12,53                            | 13,14                   | —                | 4,17            | 1,58                 | —             | 153,00               | 0,022                  | —                     |
| 79       | Ali-Ama | —            | N                       | 11,90                            | 13,14                   | —                | 3,99            | 1,55                 | —             | 151,00               | -0,031                 | —                     |
| 80       | Ali-Ama | —            | N                       | 13,83                            | 13,14                   | —                | 4,69            | 1,66                 | —             | 159,50               | 0,022                  | —                     |
| 81       | Ang-Anc | 100          | N                       | 11,82                            | 12,92                   | —                | 4,69            | 1,66                 | —             | 132,00               | -0,045                 | 1,286                 |
| 82       | Ali-Ama | —            | N                       | 12,37                            | 13,68                   | —                | 1,93            | 1,15                 | —             | 60,00                | 0,205                  | —                     |
| CT       | F.Línea | —            | N                       | 8,32                             | —                       | —                | Apoyo existente | —                    | —             | 11,50                | 0,185                  | —                     |



### 3 CÁLCULO DE LA CIMENTACIONES

Las cimentaciones de las torres constituidas por monobloques de hormigón se calculan al vuelco según el método de Sulzberger.

El momento de vuelco será:

$$M_V = F \left( h + \frac{2}{3}t \right) + F_V \left( \frac{h_t}{2} + \frac{2}{3}t \right)$$

Y el momento resistente al vuelco:

$$M_r = M_1 + M_2$$

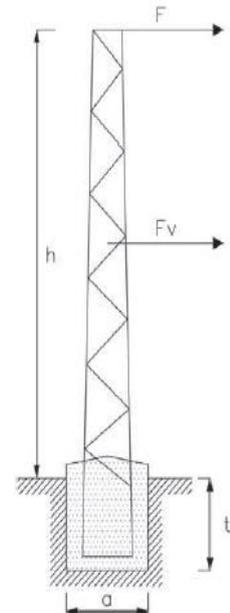
Donde:

$M_1 = 139 \cdot K \cdot a \cdot t^4$  Momento debido al empotramiento lateral del terreno.

$M_2 = 880 \cdot a^3 \cdot t + 0.4 \cdot p \cdot a$  Momento debido a las cargas verticales

Siendo:

- K Coeficiente de compresibilidad del terreno a 2 m de profundidad (Kg/cm<sup>2</sup>x cm)
- F Esfuerzo nominal del apoyo en kg.
- H Altura de aplicación del esfuerzo nominal en m.
- F<sub>v</sub> Esfuerzo de viento sobre la estructura en kg.
- h<sub>t</sub> Altura total del apoyo en m.
- a Anchura de la cimentación en m.
- t Profundidad de la cimentación en m.
- p Peso del apoyo y herrajes en kg.



Estas cimentaciones deben su estabilidad fundamentalmente a las reacciones horizontales del terreno, por lo que teniendo en cuenta el punto 3.6.1. de la ITC-LAT 07, debe cumplirse que:

$$M_1 + M_2 \geq M_V$$

El coeficiente de seguridad resultante entre el momento estabilizador y el momento de vuelco no será inferior a 1,5 en las hipótesis normales (1H y 2H) ni inferior a 1,2 en las demás hipótesis (3H y 4H), excepto en aquellos casos en que se ha prescindido de la 4H por lo que el coeficiente de seguridad para los apoyos en alineación y ángulo en la hipótesis 3H no será inferior a 1,5.

Se realizarán las cimentaciones siguiendo la recomendación del fabricante, eligiendo las dimensiones correspondientes al coeficiente de compresibilidad en función del terreno donde se ubique el apoyo, tal y como puede verse en la tabla del plano Cimentaciones.

| Hipótesis | k    |
|-----------|------|
| Normales  | 1,5  |
| Anormales | 1,2  |
| Tang (α)  | 0,01 |

### 3.1 TABLAS DE CIMENTACIONES

| Apoyo | Tipo     | Lado a | Alto h | Volumen                  |                         |
|-------|----------|--------|--------|--------------------------|-------------------------|
|       |          |        |        | Excavaci. m <sup>3</sup> | Hormigón m <sup>3</sup> |
| 50    | C3000-16 | 1,70   | 2,68   | 7,75                     | 8,32                    |
| 53    | C2000-16 | 1,10   | 2,26   | 2,73                     | 2,98                    |
| 54    | C2000-16 | 1,10   | 2,26   | 2,73                     | 2,98                    |
| 55    | C2000-16 | 1,10   | 2,26   | 2,73                     | 2,98                    |
| 61    | C2000-16 | 1,10   | 2,26   | 2,73                     | 2,98                    |
| 62    | C2000-16 | 1,10   | 2,26   | 2,73                     | 2,98                    |
| 63    | C2000-16 | 1,10   | 2,26   | 2,73                     | 2,98                    |
| 64    | C2000-18 | 1,19   | 2,31   | 3,27                     | 3,55                    |
| 65    | C2000-16 | 1,10   | 2,26   | 2,73                     | 2,98                    |
| 66    | C2000-16 | 1,10   | 2,28   | 2,76                     | 3,00                    |
| 67    | C2000-16 | 1,10   | 2,26   | 2,73                     | 2,98                    |
| 68    | C2000-18 | 1,19   | 2,29   | 3,24                     | 3,53                    |
| 69    | C2000-16 | 1,10   | 2,26   | 2,73                     | 2,98                    |
| 70    | C2000-16 | 1,10   | 2,26   | 2,73                     | 2,98                    |
| 71    | C2000-16 | 1,10   | 2,26   | 2,73                     | 2,98                    |
| 72    | C2000-16 | 1,10   | 2,28   | 2,76                     | 3,00                    |
| 73    | C2000-16 | 1,10   | 2,26   | 2,73                     | 2,98                    |
| 74    | C2000-16 | 1,10   | 2,26   | 2,73                     | 2,98                    |
| 75    | C2000-16 | 1,10   | 2,26   | 2,73                     | 2,98                    |
| 76    | C2000-16 | 1,10   | 2,26   | 2,73                     | 2,98                    |
| 77    | C2000-16 | 1,10   | 2,26   | 2,73                     | 2,98                    |
| 78    | C2000-16 | 1,10   | 2,26   | 2,73                     | 2,98                    |
| 79    | C2000-16 | 1,10   | 2,26   | 2,73                     | 2,98                    |
| 80    | C2000-16 | 1,10   | 2,26   | 2,73                     | 2,98                    |
| 81    | C3000-16 | 1,15   | 2,48   | 3,28                     | 3,54                    |

| Apoyo Nº | M1 (Kg*m)  | M2 (kg*m) | Mv (kg*m) | M1+M2      | Condición M1+M2 >K*Mv | Mv (K=1,5) |
|----------|------------|-----------|-----------|------------|-----------------------|------------|
| 50       | 179.950,18 | 266,98    | 41.130,10 | 180.217,16 | CUMPLE                | 61.695,14  |
| 53       | 108.176,00 | 236,65    | 38.584,70 | 108.412,65 | CUMPLE                | 57.877,05  |
| 54       | 108.176,00 | 236,65    | 38.584,70 | 108.412,65 | CUMPLE                | 57.877,05  |
| 55       | 108.176,00 | 236,65    | 38.584,70 | 108.412,65 | CUMPLE                | 57.877,05  |
| 61       | 108.176,00 | 236,65    | 38.584,70 | 108.412,65 | CUMPLE                | 57.877,05  |
| 62       | 108.176,00 | 236,65    | 38.584,70 | 108.412,65 | CUMPLE                | 57.877,05  |
| 63       | 108.176,00 | 236,65    | 38.584,70 | 108.412,65 | CUMPLE                | 57.877,05  |
| 64       | 130.557,83 | 299,10    | 55.405,73 | 130.856,93 | CUMPLE                | 83.108,60  |
| 65       | 108.176,00 | 236,65    | 38.584,70 | 108.412,65 | CUMPLE                | 57.877,05  |
| 66       | 113.048,02 | 236,68    | 38.700,50 | 113.284,71 | CUMPLE                | 58.050,75  |
| 67       | 108.176,00 | 236,65    | 38.584,70 | 108.412,65 | CUMPLE                | 57.877,05  |
| 68       | 125.003,00 | 299,06    | 55.267,11 | 125.302,05 | CUMPLE                | 82.900,66  |
| 69       | 108.176,00 | 236,65    | 38.584,70 | 108.412,65 | CUMPLE                | 57.877,05  |
| 70       | 108.176,00 | 236,65    | 38.584,70 | 108.412,65 | CUMPLE                | 57.877,05  |



## 4 PUESTA A TIERRA DE LOS APOYOS

### 4.1 CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA DE LOS APOYOS

#### 4.1.1 Datos iniciales

Para el cálculo de la instalación de puesta a tierra y de las tensiones de paso y contacto se empleará el procedimiento del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA y sancionado por la práctica.

Los datos necesarios para realizar el cálculo serán:

- U Tensión de servicio de la red (V).
- $\rho$  Resistividad del terreno ( $\Omega \cdot m$ ).

#### Duración de la falta:

**Tipo de relé para desconexión inicial** (Tiempo Independiente o Dependiente).

- $I_a'$  Intensidad de arranque del relé de desconexión inicial (A).
- $t'$  Relé de desconexión inicial a tiempo independiente. Tiempo de actuación del relé (s).
- $k, \alpha$  Relé de desconexión inicial a tiempo dependiente. Constantes del relé que dependen de su curva característica intensidad-tiempo.
- $k_v$  Factor de tiempo de ajuste de relé de protección.

**Reenganche rápido, no superior a 0'5 seg. (Si o No).** En caso afirmativo: Tipo de relé del reenganche (Tiempo Independiente o Dependiente).

- $I_a''$  Intensidad de arranque del relé de reenganche rápido (A);
- $t''$  Relé a tiempo independiente. Tiempo de actuación del relé (s) tras en reenganche rápido.
- $k, \alpha$  Relé a tiempo dependiente. Constantes del relé.
- $k_v$  Factor de tiempo de ajuste de relé de protección.

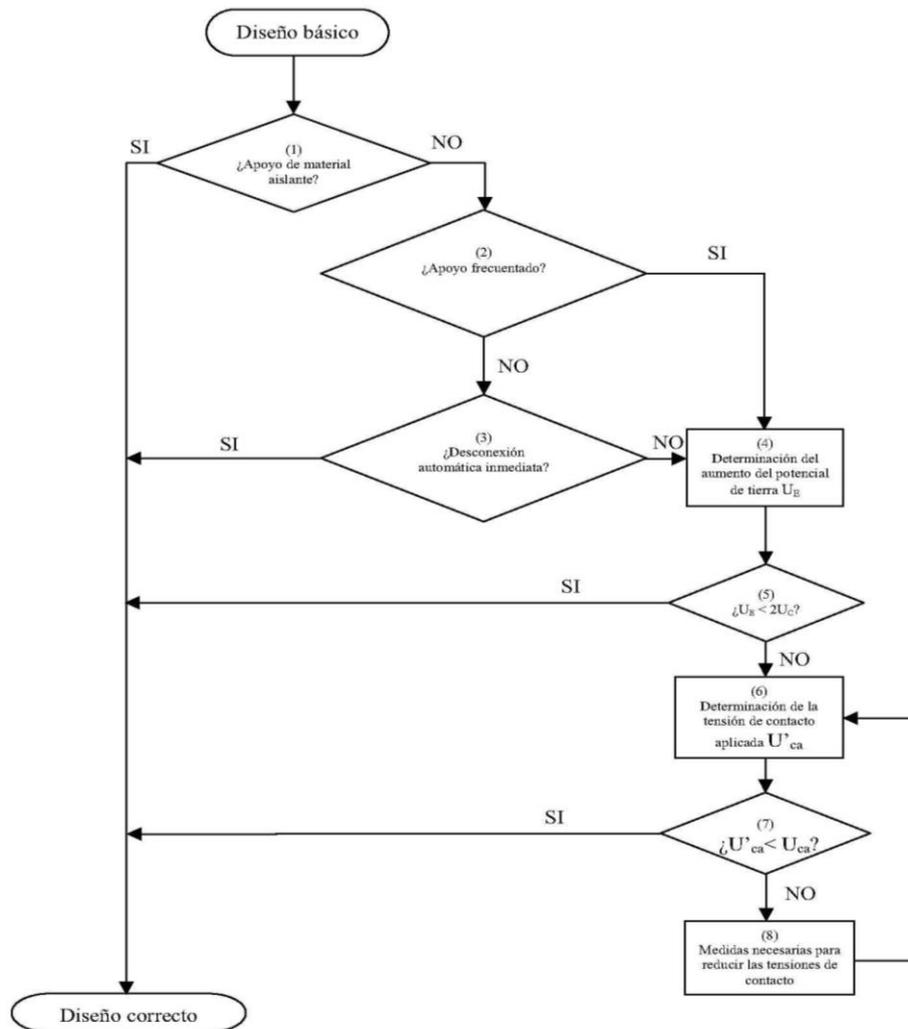
#### **Para el caso de red con neutro a tierra:**

- $R_n$  Resistencia de la puesta tierra del neutro de la red ( $\Omega$ ).
- $X_n$  Reactancia de la puesta tierra del neutro de la red ( $\Omega$ ).

A continuación, se detallan los pasos a seguir para el cálculo y diseño de la instalación de tierra.

#### 4.1.2 Apoyos no frecuentados y apoyos frecuentados

Los apoyos se clasifican en frecuentados y no frecuentados según lo indicado en la Memoria del presente proyecto y el diseño de su puesta a tierra se realiza siguiendo el siguiente esquema:



En el presente proyecto nos encontramos con un estudio de tramo de línea aérea de media tensión con apoyos proyectados **frecuentados** y **no frecuentados**.

#### 4.1.3 Datos de inicio

| DATOS DE LA RED                           |          |
|---|----------|
| Subestación                               | FRAGA    |
| Línea Aérea                               | ALCOLEA  |
| Sistema de conexión del neutro            | A tierra |
| Tensión nominal                           | 25 kV    |
| Intensidad de defecto máxima (monofásica) | 529 A    |
| Tiempo de despeje del defecto             | < 0,95 s |

#### 4.1.4 Investigación de las características del terreno. Resistividad.

Para instalaciones de tercera categoría y de intensidad de cortocircuito a tierra menor o igual a 1,5 kA, el apartado 4.1 de la ITC-RAT 13 admite, que además de medir, se pueda estimar la resistividad del terreno.

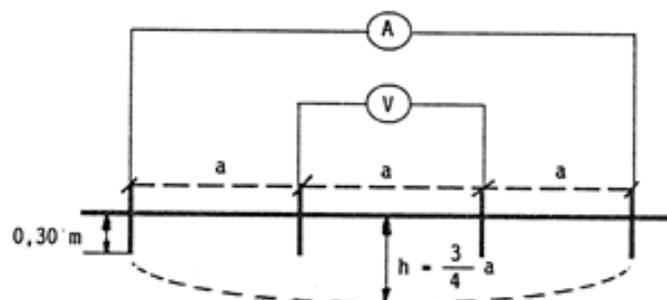
Para la estimación de la resistividad del terreno es de utilidad la tabla siguiente en la que se dan valores orientativos de la misma en función de la naturaleza del suelo:

Tabla 9. Resistividad del terreno

| Naturaleza del terreno                    | Resistividad ( $\Omega \cdot m$ ) |
|---|-----------------------------------|
| Terrenos pantanosos                       | De algunas unidades a 30          |
| Limo                                      | 20 a 100                          |
| Humus                                     | 10 a 150                          |
| Turba húmeda                              | 5 a 100                           |
| Arcilla plástica                          | 50                                |
| Margas y arcillas compactas               | 100 a 200                         |
| Margas del jurásico                       | 30 a 40                           |
| Arena arcillosa                           | 50 a 500                          |
| Arena silíceo                             | 200 a 3000                        |
| Suelo pedregoso cubierto de césped        | 300 a 500                         |
| Suelo pedregoso desnudo                   | 1500 a 3000                       |
| Calizas blandas                           | 100 a 300                         |
| Calizas compactas                         | 1000 a 5000                       |
| Calizas agrietadas                        | 500 a 1000                        |
| Pizarras                                  | 50 a 300                          |
| Rocas de mica y cuarzo                    | 800                               |
| Granitos y gres procedentes de alteración | 1500 a 10000                      |
| Granitos y gres muy alterados             | 100 a 600                         |
| Hormigón                                  | 2000 a 3000                       |
| Balasto o grava                           | 3000 a 5000                       |

En el caso de que se requiera realizar la medición de la resistividad del terreno, se recomienda utilizar el método de Wenner. Se clavarán en el terreno cuatro picas alineadas a distancias (a) iguales entre sí y simétricas con respecto al punto en el que se desea medir la resistividad (ver figura siguiente). La profundidad de estas picas no es necesario que sea mayor de unos 30 cm.

Figura 1.- Método de Wenner. Medición de la resistividad del terreno.



Dada la profundidad máxima a la que se instalará el electrodo de puesta a tierra del apoyo (h), calcularemos la interdistancia entre picas para realizar la medición mediante la siguiente expresión:

$$a = \frac{4}{3} \cdot h$$

Con el aparato de medida se inyecta una diferencia de potencial (V) entre las dos picas centrales y se mide la intensidad (I) que circula por un cable conductor que una las dos picas extremas. La resistividad media del terreno entre la superficie y la profundidad h viene dada por:

$$\rho_h = \frac{2 \cdot \pi \cdot a \cdot U}{I}$$

Si denominamos r a la lectura del aparato:

$$r = \frac{V}{I}$$

la resistividad quedará:

$$\rho_h = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot r$$

siendo:

- $\rho_h$  Resistividad media del terreno entre la superficie y la profundidad h ( $\Omega \cdot m$ ).
- r Lectura del equipo de medida ( $\Omega$ ).
- a Interdistancia entre picas en la medida (m).

Otras consideraciones a tener en cuenta:

- La línea no cuenta con vanos de PAT ó se adopta el caso mas restrictivo (r =1)
- Valor de la resistividad del terreno 150 ( $\Omega m$ )

#### 4.1.5 Determinación de la intensidad de defecto

El cálculo de la intensidad de defecto a tierra tiene una formulación diferente según el sistema de instalación de la puesta a tierra del neutro de la red de distribución. **En nuestro caso nos encontramos con una instalación de neutro a tierra.**

##### 4.1.5.1. Neutro a tierra

La intensidad de defecto a tierra, en el caso de redes con el neutro a tierra, es inversamente proporcional a la impedancia del circuito que debe recorrer. Como caso más desfavorable y para simplificar los cálculos, salvo que el proyectista justifique otros aspectos, sólo se considerará la impedancia de la puesta a tierra del neutro de la red de alta tensión y la resistencia del electrodo de puesta a tierra. Ello supone estimar nula la impedancia homopolar de las líneas o cables, con lo que se consigue independizar los resultados de las posteriores modificaciones de la red. Este criterio no será de aplicación en los casos de neutro unido rígidamente a tierra, en los que se considerará dicha impedancia.

Para el cálculo se aplicará, salvo justificación, la siguiente expresión:

$$I_d = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_N^2 + (R_N + R_t)^2}}$$

Siendo:

- $R_t$  Resistencia de tierra del apoyo más cercano a la falta, en  $\Omega$ ,
- $c$  Factor de tensión,  $c=1,1$ .
- $I_d$  Corriente de defecto en la línea, en A,
- $R_N$  Resistencia de puesta a tierra del neutro en la subestación, en  $\Omega$ ,
- $X_N$  Reactancia de puesta a tierra del neutro en la subestación, en  $\Omega$ ,

El resto de variables tienen la definición y unidades dadas en el apartado 3. Esto mismo es aplicable para el resto de apartados del presente documento.

#### 4.1.6 Tiempo de eliminación del defecto

La línea de MT dispone de los dispositivos necesarios para despejar, en su caso, los posibles defectos a tierra mediante la apertura del interruptor que actúa por la orden transmitida por un relé que controla la intensidad de defecto.

Respecto a los tiempos de actuación de los relés, las variantes normales son las siguientes:

##### Relés a tiempo independiente:

El tiempo de actuación no depende del valor de la sobreintensidad. Cuando esta supera el valor del arranque, actúa en un tiempo prefijado. En este caso:

$$t' = cte.$$

##### Relés a tiempo dependiente:

El tiempo de actuación depende inversamente de la sobreintensidad. Algunos de los relés más utilizados responden a la siguiente expresión:

$$t' = \frac{k}{\left(\frac{I_d}{I_a}\right)^\alpha - 1} \cdot k_v$$

Siendo:

- $I_d$ : Intensidad de defecto (A).
- $I_a$ : Intensidad de ajuste del relé de protección (A).
- $\alpha, k$ : Constantes características de la curva de protección.
- $k_v$ : Factor de tiempo de ajuste de relé de protección.
- $t'$ : Tiempo de actuación del relé de protección (s).

En la tabla siguiente se dan valores de las constantes  $k$  y  $\alpha$  para los tipos de curva más habituales.

Tabla 10. Curva de disparo

| K    | $\alpha$ |
|------|----------|
| 0,13 | 0,02     |

En el caso de que exista reenganche rápido (menos de 0'5 segundos), el tiempo de actuación del relé tras el reenganche será:

Relé a tiempo independiente:

$$t'' = cte.$$

Relé a tiempo dependiente:

$$t'' = \frac{k}{\left(\frac{I_d}{I'_d}\right)^\alpha - 1} \cdot k_v < 1$$

La duración total de la falla será la suma de los tiempos correspondientes a la primera actuación más el de la desconexión posterior al reenganche rápido:

$$t = t' + t''.$$

#### 4.1.7 Resistencia de tierra de los electrodos

La resistencia de tierra del electrodo, que depende de su forma, dimensiones y de la resistividad del suelo, se puede calcular de acuerdo a las fórmulas contenidas en la siguiente tabla, o mediante programas u otras expresiones numéricas suficientemente probadas:

Tabla 11. Resistencia electrodos habituales

| Tipo de electrodo                   | Resistencia en ohmios                        |
|-------------------------------------|--|
| Pica vertical                       | $R_t = \frac{\rho}{L}$                       |
| Conductor enterrado horizontalmente | $R_t = \frac{2\rho}{L}$                      |
| Malla de tierra                     | $R_t = \frac{\rho}{4r} \cdot \frac{\rho}{L}$ |

Siendo:

- $R_t$  Resistencia de tierra del electrodo en  $\Omega$ .
- $\rho$  Resistividad del terreno de  $\Omega \cdot m$ .
- $L$  Longitud en metros de la pica o del conductor, y en malla la longitud total de los conductores enterrados.
- $r$  Radio en metros de un círculo de la misma superficie que el área cubierta por la malla.

También pueden seleccionarse electrodos de entre las configuraciones tipo de las tablas del Anexo 2 del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría" de UNESA. Las distintas configuraciones posibles vienen identificadas por un código que contiene la siguiente información:

##### Electrodos con picas en anillo

A-B / C / DE

- A Dimensión del lado mayor del electrodo (dm).
- B Dimensión del lado menor del electrodo (dm).
- C Profundidad a la que está enterrado el electrodo, es decir, la cabeza de las picas (dm).
- D Número de picas.
- E Longitud de las picas (m).

##### Electrodos con picas alineadas

A / BC

- A Profundidad a la que está enterrado el electrodo, es decir, la cabeza de las picas (dm).
- B Número de picas.
- C Longitud de las picas (m).

Una vez seleccionado el electrodo, obtendremos de las tablas del Anexo 2 del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría" de UNESA sus parámetros característicos:

|       |   |
|-------|---|
| $K_r$ | Valor unitario de la resistencia de puesta a tierra ( $\Omega/\Omega\cdot m$ )                                      |
| $K_p$ | Valor unitario que representa la máxima tensión de paso unitaria en la instalación ( $V/\Omega\cdot m\cdot A$ )     |
| $K_c$ | Valor unitario que representa la máxima tensión de contacto unitaria en la instalación ( $V/\Omega\cdot m\cdot A$ ) |

En función de la geometría del electrodo elegido se obtendrá el factor de resistencia de tierra  $K_r$  ( $\Omega/\Omega\cdot m$ ) y el valor de resistencia de tierra de dicho electrodo se obtendrá como:

$$R'_t = \rho \cdot K_r$$

Siendo:

|        |   |
|--------|---|
| $R'_t$ | Resistencia de tierra para electrodo elegido. |
| $\rho$ | Resistividad del terreno en $\Omega\cdot m$ , |
| $K_r$  | Factor de resistencia.                        |

Una vez identificado el valor de la resistencia de tierra del electrodo de puesta a tierra se calcula la intensidad de defecto en dicho apoyo.

#### 4.1.8 Cálculo de tierras en apoyos no frecuentados

En general, el electrodo a utilizar en este tipo de apoyos será de tipo lineal, con una o varias plicas, de forma que la resistencia de puesta a tierra tenga un valor suficientemente bajo que garantice la actuación de las protecciones, en caso de defecto a tierra, en un tiempo inferior a 1 segundo de acuerdo a lo indicado en el apartado 7.3.4.3 de la ITC-LAT 07.

En función del electrodo seleccionado se calcula su resistencia, la intensidad de defecto y el tiempo de actuación de las protecciones de acuerdo a las expresiones de los apartados anteriores.

El diseño del sistema de puesta a tierra se considerará satisfactorio, desde el punto de vista de la seguridad de las personas, si se verifica que el tiempo previsto de actuación de las protecciones es inferior a 1 segundo. Si no se cumple esta hipótesis se repetirán los cálculos con una configuración distinta del electrodo de tierra.

Una vez ejecutada la instalación de puesta a tierra de los apoyos no frecuentados se realizarán las medidas de resistencia para verificar que no se alcanzan valores por encima de los proyectados.

Instalaciones con neutro a tierra

Considerando que el tiempo de disparo debe ser inferior a 1 segundo:

$$t' = \frac{k}{\left(\frac{I'_d}{I'_a}\right)^\alpha - 1} \cdot k_v < 1$$

El valor de la resistencia de puesta a tierra máximo para apoyos no frecuentados será aquel que verifique:

$$\frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R'_t)^2 + X_n^2}} > I'_a \cdot \sqrt{k \cdot k_v + 1}$$

| DATOS DE PARTIDA   |                   |          |
|--|-------------------|----------|
| Intensidad de defecto máxima monofásica (A)                            | Id f-n            | 529      |
| Tiempo Falta (s)   | tf                | 0,40     |
| Intensidad de Falta (A)  | If                | 188,35   |
| Intensidad de ajuste en el relé (arranque temporizado de fases) (A)    | la                | 50       |
| Dial ajustado en el relé (temporizado de fases)                        | Dial              | 0,02     |
| Número de reenganches  | Nre               | 1        |
| Temporización del reenganche (s)                                       | tre               | 3        |
| Resistividad superficial del terreno en $\Omega \cdot m$ (apoyo)       | ps                | 200      |
| Valor admisible de la tensión de contacto aplicada (ver tabla) (V)     | Uca               | 310      |
| Resistencia del calzado cuya suela sea aislante, en $\Omega$           | Ra1               | 2000     |
| Resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno, en $\Omega$ | Ra2               | 300      |
| Impedancia del cuerpo humano, en $\Omega$                              | ZB                | 1000     |
| <b>ELECTRODO APOYO FRECUENTADO</b>                                     | <b>40-40/8/84</b> |          |
| Factor de resistencia ( $\Omega/\Omega \cdot m$ )                      | Kr                | 0,079    |
| Factor de tensión de contacto $V/\Omega \cdot m$                       | Kc                | 0,0144   |
| Factor de tensión de paso en $V/\Omega \cdot m$                        | Kp                | 0,0447   |
| RESULTADOS   |                   |          |
| Tensión de contacto máxima admisible, en V (Uc)                        | Uc                | 713,00   |
| Tensión de paso máxima admisible, en V (Up)                            | Up                | 19220,00 |
| Resistencia de tierra electrodo elegido, en $\Omega$ (R)               | R                 | 15,80    |
| Aum. de respecto una tierra lejana, en V (Ue)                          | Ue                | 2975,99  |
| Tensión de contacto calculada, en V (U'c)                              | U'c               | 542,46   |
| Tensión de paso calculada, en V (U'p)                                  | U'p               | 1683,88  |

| COMPROBACIONES  |           |
|---|-----------|
| Tensiones de contacto son inferiores a las máximas admisibles.                        |           |
| $U_e < 2xU_c: 2975,99 < 1426$   | NO CUMPLE |
| De no cumplirse lo anterior.  |           |
| $U'_c < U_c: 542,46 < 713$  | CUMPLE    |
| De no cumplirse lo anterior, medidas adicionales antiescalo polimerico, mallazo, etc. |           |
| $U'_p < U_p: 1683,88 < 19220$   | CUMPLE    |

Tal y como especifica el apartado 7.3.4.3 de la ITC-LAT 07 del RLAT:

- El tiempo de actuación de las protecciones es inferior a 1s.
- El electrodo utilizado con valor de resistencia a tierra máximo garantiza la actuación de las protecciones en caso de defecto a tierra, ya que proporciona una intensidad de defecto superior a la intensidad de ajuste del relé.

Huesca, Agosto 2021



El ingeniero Técnico Industrial  
Rafael Flores Ventura  
Número de Colegiado 5.557  
del Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros  
Técnicos Industriales de Málaga