



**UNIVERSIDAD DE JAÉN**  
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

**LÍNEA ELÉCTRICA DE MEDIA  
TENSIÓN Y CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN PARA  
SUMINISTRO AL CASTILLO DE  
TORRE BENZALÁ EN  
TORREDONJIMENO (JAÉN)**

**Alumno: Manuel Rosas Centeno**

**Tutor:** Prof. D. Manuel Gómez González  
**Depto.:** Ingeniería Eléctrica

**Septiembre, 2023**

## ÍNDICE:

|         |                                                |    |
|---------|------------------------------------------------|----|
| 1       | MEMORIA .....                                  | 1  |
| 1.1     | Objeto.....                                    | 2  |
| 1.2     | Alcance.....                                   | 2  |
| 1.3     | Antecedentes.....                              | 2  |
| 1.4     | Normas y referencias .....                     | 4  |
| 1.4.1   | Disposiciones legales y normas aplicadas ..... | 4  |
| 1.4.2   | Software informático.....                      | 5  |
| 1.4.3   | Bibliografía .....                             | 6  |
| 1.5     | Definiciones y abreviaturas.....               | 6  |
| 1.6     | Requisitos de diseño.....                      | 7  |
| 1.6.1   | Datos de partida.....                          | 7  |
| 1.6.2   | Emplazamiento.....                             | 7  |
| 1.6.3   | Localización .....                             | 7  |
| 1.7     | Análisis de soluciones .....                   | 8  |
| 1.8     | Línea Eléctrica .....                          | 9  |
| 1.8.1   | Criterios generales de diseño .....            | 9  |
| 1.8.1.1 | Generalidades .....                            | 9  |
| 1.8.1.2 | Tensión nominal y nivel de aislamiento .....   | 9  |
| 1.8.2   | Elementos de la línea .....                    | 10 |
| 1.8.2.1 | Apoyos .....                                   | 10 |
| 1.8.2.2 | Armados.....                                   | 11 |
| 1.8.2.3 | Conductores eléctricos .....                   | 12 |
| 1.8.2.4 | Aislamiento .....                              | 13 |
| 1.8.2.5 | Cadenas .....                                  | 13 |
| 1.8.2.6 | Accesorios .....                               | 15 |
| 1.8.2.7 | Protecciones .....                             | 15 |
| 1.8.3   | Cimentaciones.....                             | 15 |
| 1.8.4   | Puesta a Tierra de los apoyos.....             | 16 |
| 1.8.5   | Distancias de Seguridad .....                  | 16 |

|            |                                                                    |           |
|------------|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1.8.5.1    | Distancia de los conductores al terreno.....                       | 16        |
| 1.8.5.2    | Distancia entre conductores .....                                  | 16        |
| <b>1.9</b> | <b>Centro de Transformación .....</b>                              | <b>17</b> |
| 1.9.1      | <i>Características generales .....</i>                             | <i>17</i> |
| 1.9.1.1    | Ubicación y Accesos .....                                          | 17        |
| 1.9.1.2    | Dimensiones .....                                                  | 18        |
| 1.9.2      | <i>Características eléctricas de la Instalación .....</i>          | <i>19</i> |
| 1.9.2.1    | Nivel de Aislamiento en MT .....                                   | 19        |
| 1.9.2.2    | Nivel de Aislamiento en BT .....                                   | 19        |
| 1.9.2.3    | Potencias de transformación .....                                  | 20        |
| 1.9.2.4    | Corriente de cortocircuito .....                                   | 20        |
| 1.9.3      | <i>Características de la Obra Civil.....</i>                       | <i>20</i> |
| 1.9.3.1    | Edificio .....                                                     | 20        |
| 1.9.3.2    | Cimentación.....                                                   | 21        |
| 1.9.4      | <i>Instalación Eléctrica .....</i>                                 | <i>21</i> |
| 1.9.4.1    | Líneas de alimentación .....                                       | 21        |
| 1.9.4.2    | Apoyo del Centro .....                                             | 22        |
| 1.9.4.3    | Transformadores de potencia .....                                  | 22        |
| 1.9.4.4    | Circuito Media Tensión .....                                       | 22        |
| 1.9.4.5    | Puentes Baja Tensión.....                                          | 23        |
| 1.9.4.6    | Interruptor Baja Tensión .....                                     | 23        |
| 1.9.4.7    | Cuadro Baja Tensión .....                                          | 23        |
| 1.9.5      | <i>Protecciones.....</i>                                           | <i>24</i> |
| 1.9.5.1    | Protección contra cortocircuitos.....                              | 24        |
| 1.9.5.2    | Protección contra sobretensiones en Media Tensión .....            | 24        |
| 1.9.5.3    | Protección térmica del transformador .....                         | 24        |
| 1.9.6      | <i>Instalación de Puesta a Tierra.....</i>                         | <i>24</i> |
| 1.9.6.1    | Diseño de la instalación de puesta a tierra .....                  | 25        |
| 1.9.6.2    | Elementos constituyentes de la instalación de puesta a tierra..... | 25        |
| 1.9.6.3    | Electrodos de puesta a tierra.....                                 | 25        |
| 1.9.6.4    | Lineas de puesta a tierra.....                                     | 25        |
| 1.9.6.5    | Ejecución de la puesta a tierra general .....                      | 26        |

|         |                                                                                        |    |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.9.6.6 | Ejecución de la puesta a tierra de servicio .....                                      | 26 |
| 1.9.6.7 | Medidas adicionales de seguridad para las tensiones de paso y<br>contacto .....        | 27 |
| 1.9.7   | Estudio de Seguridad y Salud. Plan de Seguridad .....                                  | 27 |
| 1.9.8   | Limitación de los Campos Magnéticos .....                                              | 27 |
| 1.9.8.1 | Medidas de atenuación de campos magnéticos.....                                        | 28 |
| 1.9.8.2 | Medición de campos magnéticos: Métodos, Normas y Control<br>por la Administración..... | 28 |
| 1.9.9   | Protección contra Incendios .....                                                      | 29 |
| 1.9.9.1 | Extintores móviles .....                                                               | 29 |
| 1.9.10  | Ventilación .....                                                                      | 29 |
| 1.9.11  | Insonorización y medidas anti vibraciones .....                                        | 30 |
| 1.9.12  | Protección contra la contaminación.....                                                | 30 |
| 1.9.13  | Señalización y material de seguridad .....                                             | 31 |
| 1.10    | Planificación .....                                                                    | 31 |
| 2       | ANEXO DE CÁLCULOS DE LA LÍNEA .....                                                    | 33 |
| 2.1     | Cálculos Eléctricos.....                                                               | 34 |
| 2.1.1   | Intensidad máxima admisible en el conductor .....                                      | 34 |
| 2.1.2   | Caída de tensión.....                                                                  | 35 |
| 2.1.3   | Potencia máxima a transportar .....                                                    | 35 |
| 2.1.3.1 | Potencia máxima por intensidad máxima admisible en el<br>conductor .....               | 35 |
| 2.1.3.2 | Potencia máxima a transportar por caída de tensión .....                               | 36 |
| 2.2     | Cálculos Mecánicos.....                                                                | 36 |
| 2.2.1   | Cálculo mecánico de conductores .....                                                  | 36 |
| 2.2.1.1 | Constante de catenaria para el trazado de la línea .....                               | 36 |
| 2.2.1.2 | Vano de regulación.....                                                                | 38 |
| 2.2.1.3 | Componente horizontal máxima.....                                                      | 39 |
| 2.2.1.4 | Ecuación de cambio de condiciones.....                                                 | 39 |
| 2.2.1.5 | Cálculo de flechas.....                                                                | 40 |
| 2.2.2   | Cálculo mecánico de los apoyos.....                                                    | 41 |

|         |                                                                                |    |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.2.1 | Esfuerzos verticales que actúan sobre los apoyos .....                         | 42 |
| 2.2.2.2 | Esfuerzos producidos por la acción de los conductores sobre los<br>apoyos..... | 44 |
| 2.2.2.3 | Cálculo de los esfuerzos que actúan sobre los apoyos.....                      | 49 |
| 2.2.3   | Cimentaciones de los apoyos .....                                              | 68 |
| 2.2.3.1 | Cimentaciones monobloque.....                                                  | 68 |
| 2.2.4   | Tierras.....                                                                   | 69 |
| 2.3     | Distancias de Seguridad .....                                                  | 70 |
| 2.3.1   | Distancia de los conductores al terreno .....                                  | 70 |
| 2.3.2   | Distancia entre conductores .....                                              | 71 |
| 3       | ANEXO DE RESULTADOS DE CÁLCULO DE LA LÍNEA .....                               | 73 |
| 3.1     | Cuadro nº 1: Cálculo de conductores de fase - tensiones<br>reglamentarias..... | 74 |
| 3.2     | Cuadro nº 4: Cálculo de conductores de fase - tabla de<br>tendido nº 1.....    | 75 |
| 3.3     | Cuadro nº 4: Cálculo de conductores de fase - tabla de<br>tendido nº 2.....    | 76 |
| 3.4     | Cuadro nº 7: Cálculo de apoyos nº1.....                                        | 77 |
| 3.5     | Cuadro nº 7: Cálculo de apoyos nº2.....                                        | 78 |
| 3.6     | Cuadro nº 9: Elección de apoyos .....                                          | 79 |
| 3.7     | Cuadro nº 9: Elección de apoyos .....                                          | 80 |
| 3.8     | Cuadro nº 9: Elección de apoyos .....                                          | 81 |
| 3.9     | Cuadro nº 9: Elección de apoyos .....                                          | 82 |
| 3.10    | Cuadro nº 9: Elección de apoyos .....                                          | 83 |
| 3.11    | Cuadro nº 9: Elección de apoyos .....                                          | 84 |
| 3.12    | Cuadro nº 9: Elección de apoyos .....                                          | 85 |
| 3.13    | Cuadro nº 9: Elección de apoyos .....                                          | 86 |
| 3.14    | Cuadro nº 9: Elección de apoyos .....                                          | 87 |
| 3.15    | Cuadro nº 9: Elección de apoyos .....                                          | 88 |
| 3.16    | Cuadro nº 10: Cálculo de cadenas de aisladores .....                           | 89 |
| 3.17    | Cuadro nº 11: Cálculo de cimentaciones .....                                   | 90 |
| 3.18    | Cuadro nº 13: Mediciones según cálculo .....                                   | 91 |

|       |                                                                                                                                                                                                                                       |            |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.19  | <b>Cuadro nº 14: Cálculos eléctricos.....</b>                                                                                                                                                                                         | <b>93</b>  |
| 3.20  | <b>Cuadro nº 15: Apoyos y crucetas normalizadas Andel S. A.....</b>                                                                                                                                                                   | <b>94</b>  |
| 3.21  | <b>Cuadro nº 16: Relación de materiales para presupuesto -<br/>Apoyos.....</b>                                                                                                                                                        | <b>95</b>  |
| 3.22  | <b>Cuadro nº 17: Relación de materiales para presupuesto -<br/>Armados.....</b>                                                                                                                                                       | <b>96</b>  |
| 3.23  | <b>Cuadro nº 19: Cálculo de eolovanos y gravivanos.....</b>                                                                                                                                                                           | <b>97</b>  |
| 3.24  | <b>Cuadro nº 20: Cálculo de puesta a tierra .....</b>                                                                                                                                                                                 | <b>98</b>  |
| 3.25  | <b>Cuadro nº 25: Cálculo de distancias a partes metálicas .....</b>                                                                                                                                                                   | <b>99</b>  |
| 4     | <b>CÁLCULOS DEL CENTRO .....</b>                                                                                                                                                                                                      | <b>101</b> |
| 4.1   | <b>Intensidad de Media Tensión.....</b>                                                                                                                                                                                               | <b>102</b> |
| 4.2   | <b>Intensidad de Baja Tensión .....</b>                                                                                                                                                                                               | <b>102</b> |
| 4.3   | <b>Cortocircuitos.....</b>                                                                                                                                                                                                            | <b>103</b> |
| 4.3.1 | <i>Observaciones El cálculo de las intensidades generadas por<br/>un cortocircuito se realizará considerando la potencia de<br/>cortocircuito de la red de MT, un valor que está especificado<br/>por la compañía eléctrica. ....</i> | <i>103</i> |
| 4.3.2 | <i>Cálculo de las intensidades de cortocircuito.....</i>                                                                                                                                                                              | <i>103</i> |
| 4.3.3 | <i>Cortocircuito en el lado de Media Tensión .....</i>                                                                                                                                                                                | <i>104</i> |
| 4.3.4 | <i>Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.....</i>                                                                                                                                                                                  | <i>104</i> |
| 4.4   | <b>Dimensionado del embarrado.....</b>                                                                                                                                                                                                | <b>104</b> |
| 4.4.1 | <i>Comprobación por densidad de corriente .....</i>                                                                                                                                                                                   | <i>104</i> |
| 4.4.2 | <i>Comprobación por sollicitación electrodinámica .....</i>                                                                                                                                                                           | <i>104</i> |
| 4.4.3 | <i>Comprobación por sollicitación térmica .....</i>                                                                                                                                                                                   | <i>105</i> |
| 4.5   | <b>Protección contra sobrecargas y cortocircuitos.....</b>                                                                                                                                                                            | <b>105</b> |
| 4.5.1 | <i>Termómetro.....</i>                                                                                                                                                                                                                | <i>105</i> |
| 4.6   | <b>Dimensionado de la ventilación del Centro de<br/>Transformación.....</b>                                                                                                                                                           | <b>106</b> |
| 4.7   | <b>Dimensionado del pozo apagafuegos.....</b>                                                                                                                                                                                         | <b>106</b> |
| 4.8   | <b>Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra.....</b>                                                                                                                                                                           | <b>106</b> |
| 4.8.1 | <i>Investigación de las características del suelo .....</i>                                                                                                                                                                           | <i>106</i> |

|         |                                                                                                                                          |            |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.8.2   | <i>Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto .....</i> | <i>106</i> |
| 4.8.3   | <i>Diseño preliminar de la instalación de tierra .....</i>                                                                               | <i>108</i> |
| 4.8.4   | <i>Cálculo de la resistencia del sistema de tierra .....</i>                                                                             | <i>108</i> |
| 4.8.5   | <i>Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación.....</i>                                                            | <i>111</i> |
| 4.8.6   | <i>Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación.....</i>                                                            | <i>112</i> |
| 4.8.7   | <i>Cálculo de las tensiones aplicadas .....</i>                                                                                          | <i>113</i> |
| 4.8.8   | <i>Investigación de las tensiones transferibles al exterior.....</i>                                                                     | <i>114</i> |
| 4.8.9   | <i>Corrección y ajuste del diseño inicial .....</i>                                                                                      | <i>116</i> |
| 5       | <b>Anexo: Análisis Ambiental.....</b>                                                                                                    | <b>117</b> |
| 5.1     | <b>Objeto, Finalidad y Descripción de la actividad.....</b>                                                                              | <b>121</b> |
| 5.1.1   | <i>Objeto.....</i>                                                                                                                       | <i>121</i> |
| 5.1.2   | <i>Finalidad.....</i>                                                                                                                    | <i>121</i> |
| 5.1.3   | <i>Descripción de la actividad .....</i>                                                                                                 | <i>121</i> |
| 5.1.3.1 | <b>Localización .....</b>                                                                                                                | <b>121</b> |
| 5.1.3.2 | <b>Suelo ocupado por los apoyos.....</b>                                                                                                 | <b>122</b> |
| 5.1.3.3 | <b>Franja de suelo sobrevolada por los conductores .....</b>                                                                             | <b>122</b> |
| 5.1.3.4 | <b>Altitud .....</b>                                                                                                                     | <b>122</b> |
| 5.1.3.5 | <b>Altura de los conductores sobre el terreno .....</b>                                                                                  | <b>122</b> |
| 5.2     | <b>Emplazamiento .....</b>                                                                                                               | <b>123</b> |
| 5.3     | <b>Maquinaria, Equipos y Procesos.....</b>                                                                                               | <b>123</b> |
| 5.3.1   | <i>Replanteo .....</i>                                                                                                                   | <i>123</i> |
| 5.3.2   | <i>Accesos y evacuación.....</i>                                                                                                         | <i>123</i> |
| 5.3.3   | <i>Hormigonado .....</i>                                                                                                                 | <i>125</i> |
| 5.3.4   | <i>Armado e izado .....</i>                                                                                                              | <i>125</i> |
| 5.3.5   | <i>Tendido, tense y regulado .....</i>                                                                                                   | <i>126</i> |
| 5.4     | <b>Materiales Empleados .....</b>                                                                                                        | <b>128</b> |

|                                                                                                       |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.4.1 Apoyos.....                                                                                     | 128        |
| 5.4.2 Cadenas.....                                                                                    | 128        |
| 5.4.3 Conductores .....                                                                               | 128        |
| 5.4.4 Zanjas.....                                                                                     | 129        |
| <b>5.5 Riesgos Ambientales y su Corrección .....</b>                                                  | <b>131</b> |
| 5.5.1 Ruidos y vibraciones .....                                                                      | 131        |
| 5.5.1.1 Objeto.....                                                                                   | 131        |
| 5.5.1.2 Ámbito de aplicación.....                                                                     | 131        |
| 5.5.1.3 Definiciones.....                                                                             | 131        |
| 5.5.1.4 Descripción .....                                                                             | 132        |
| 5.5.2 Emisiones a la atmósfera.....                                                                   | 138        |
| 5.5.2.1 Campos eléctricos.....                                                                        | 138        |
| 5.5.3 Utilización del agua y vertidos líquidos .....                                                  | 141        |
| 5.5.3.1 Envasados, etiquetados, depósito temporal y almacenamiento<br>de los residuos peligrosos..... | 141        |
| 5.5.3.2 Control del PCB contenido en aceite dieléctrico usado y<br>equipos desechados .....           | 145        |
| 5.5.4 Generación, almacenamiento y eliminación de residuos .....                                      | 147        |
| 5.5.4.1 Gestión de los residuos.....                                                                  | 147        |
| 5.5.5 Almacenamiento de productos.....                                                                | 156        |
| 5.5.5.1 Objeto.....                                                                                   | 156        |
| 5.5.5.2 Ámbito de aplicación.....                                                                     | 156        |
| 5.5.5.3 Definiciones.....                                                                             | 156        |
| 5.5.5.4 Descripción .....                                                                             | 157        |
| <b>5.6 Medidas de Seguimiento y Control .....</b>                                                     | <b>159</b> |
| <b>5.7 Decreto 178/2006 Protección Avifauna.....</b>                                                  | <b>160</b> |
| 5.7.1 Definiciones .....                                                                              | 160        |
| 5.7.2 Medidas antielectrocución.....                                                                  | 161        |
| 5.7.2.1 Medidas adoptadas .....                                                                       | 162        |
| 5.7.3 Medidas anticolidión.....                                                                       | 163        |
| 5.7.3.1 Medidas adoptadas .....                                                                       | 163        |



|                                                                                                                                                                                                                                   |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>5.8 Conclusión al Análisis .....</b>                                                                                                                                                                                           | <b>164</b> |
| <b>5.9 Medidas Adoptadas .....</b>                                                                                                                                                                                                | <b>164</b> |
| 5.9.1 <i>Medidas antielectrocución.....</i>                                                                                                                                                                                       | <i>164</i> |
| 5.9.2 <i>Anticolisión .....</i>                                                                                                                                                                                                   | <i>165</i> |
| <b>6 Estudio Básico de seguridad y salud .....</b>                                                                                                                                                                                | <b>166</b> |
| <b>6.1 Objeto.....</b>                                                                                                                                                                                                            | <b>167</b> |
| <b>6.2 Ámbito de Aplicación .....</b>                                                                                                                                                                                             | <b>167</b> |
| <b>6.3 Normas de Seguridad y Salud Aplicables a la Obra .....</b>                                                                                                                                                                 | <b>167</b> |
| 6.3.1 <i>Plan de seguridad y salud en el trabajo .....</i>                                                                                                                                                                        | <i>167</i> |
| 6.3.2 <i>Obligaciones de los contratistas y subcontratistas.....</i>                                                                                                                                                              | <i>168</i> |
| 6.3.3 <i>Obligaciones de los trabajadores autónomos .....</i>                                                                                                                                                                     | <i>169</i> |
| 6.3.4 <i>Obligaciones del director facultativo de la obra (que además<br/>actuará como coordinador en materia de Seguridad y de<br/>Salud durante la ejecución de la obra, en caso de que esta<br/>figura sea necesaria).....</i> | <i>169</i> |
| 6.3.5 <i>Libro de incidencias.....</i>                                                                                                                                                                                            | <i>170</i> |
| 6.3.6 <i>Paralización de los trabajos .....</i>                                                                                                                                                                                   | <i>171</i> |
| 6.3.7 <i>Otras normativas de seguridad y salud aplicables a la obra .....</i>                                                                                                                                                     | <i>171</i> |
| <b>6.4 Riesgos de la Obra .....</b>                                                                                                                                                                                               | <b>173</b> |
| 6.4.1 <i>Identificación de riesgos laborales en la obra .....</i>                                                                                                                                                                 | <i>173</i> |
| 6.4.2 <i>Propuesta de medidas preventivas y protecciones técnicas<br/>tendientes a controlar y reducir los riesgos laborales en la<br/>obra .....</i>                                                                             | <i>174</i> |
| 6.4.2.1 <b>Protecciones personales .....</b>                                                                                                                                                                                      | <b>174</b> |
| 6.4.2.2 <b>Protecciones colectivas.....</b>                                                                                                                                                                                       | <b>175</b> |
| 6.4.2.3 <b>Trabajo en andamios .....</b>                                                                                                                                                                                          | <b>176</b> |
| 6.4.2.4 <b>Trabajos con escalera de mano .....</b>                                                                                                                                                                                | <b>176</b> |
| 6.4.2.5 <b>Trabajos en alturas .....</b>                                                                                                                                                                                          | <b>177</b> |
| 6.4.2.6 <b>Herramientas eléctricas y lámparas portátiles.....</b>                                                                                                                                                                 | <b>177</b> |
| 6.4.2.7 <b>Trabajos con cortadora de discos .....</b>                                                                                                                                                                             | <b>178</b> |
| 6.4.2.8 <b>Equipos de soldadura.....</b>                                                                                                                                                                                          | <b>178</b> |

|          |                                                                                                                                         |     |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.4.2.9  | Lámparas eléctricas portátiles .....                                                                                                    | 178 |
| 6.4.2.10 | Trabajos con máquina automotriz .....                                                                                                   | 179 |
| 6.4.2.11 | Trabajos con martillo neumático.....                                                                                                    | 179 |
| 6.4.2.12 | Trabajos en la proximidad de instalaciones eléctricas de alta<br>tensión en tensión .....                                               | 179 |
| 6.4.2.13 | Trabajos con maniobras en aparatos de baja tensión .....                                                                                | 180 |
| 6.4.2.14 | Trabajos con maniobras en equipos de alta tensión .....                                                                                 | 180 |
| 6.4.2.15 | Trabajos con grúas móviles autopropulsadas .....                                                                                        | 181 |
| 6.4.2.16 | Trabajos en recintos confinados subterráneos o con escasez de<br>ventilación .....                                                      | 182 |
| 6.4.2.17 | Trabajos de apertura de zanjas .....                                                                                                    | 182 |
| 6.5      | Información Útil para Posibles Trabajos Posteriores de<br>Mantenimiento y de Conservación.....                                          | 182 |
| 6.6      | Conclusión al Estudio Básico .....                                                                                                      | 182 |
| 7        | Pliego de Condiciones .....                                                                                                             | 183 |
| 7.1      | Líneas Aéreas de Alta Tensión con Apoyos de Acero .....                                                                                 | 184 |
| 7.1.1    | Objeto.....                                                                                                                             | 184 |
| 7.1.2    | Inspecciones durante la ejecución .....                                                                                                 | 184 |
| 7.1.3    | Trabajos no previstos.....                                                                                                              | 184 |
| 7.1.4    | Replanteo de apoyos .....                                                                                                               | 184 |
| 7.1.5    | Acceso a los apoyos .....                                                                                                               | 185 |
| 7.1.6    | Excavaciones y explanaciones.....                                                                                                       | 186 |
| 7.1.6.1  | Excavación. ....                                                                                                                        | 186 |
| 7.1.6.2  | Explanación. ....                                                                                                                       | 186 |
| 7.1.7    | Hormigón .....                                                                                                                          | 188 |
| 7.1.8    | Tomas de tierra .....                                                                                                                   | 190 |
| 7.1.9    | Ejecución del hormigonado .....                                                                                                         | 190 |
| 7.1.10   | Puestas a tierra en apoyos metálicos que soportan aparatos<br>de maniobra o que están ubicados en zonas de pública<br>conurrencia ..... | 193 |
| 7.1.11   | Acopio, armado e izado de apoyos .....                                                                                                  | 193 |

|          |                                           |            |
|----------|-------------------------------------------|------------|
| 7.1.11.1 | <b>Tendido, tense y regulado.....</b>     | <b>196</b> |
| 7.1.12   | <i>Flechas .....</i>                      | <i>201</i> |
| 7.1.13   | <i>Engrapado de los conductores.....</i>  | <i>207</i> |
| 7.1.14   | <i>Reclamaciones de propietarios.....</i> | <i>208</i> |
| 8        | <b>MEDICIONES Y PRESUPUESTO .....</b>     | <b>210</b> |
| 9        | <b>PLANOS .....</b>                       | <b>220</b> |

## **ÍNDICE DE TABLAS:**

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Coordenadas UTM de los apoyos .....               | 8  |
| Tabla 2. Nivel aislamiento del material .....              | 10 |
| Tabla 3. Distancias alejadas de la subestación e Icc ..... | 20 |
| Tabla 4. Características de los conductores .....          | 21 |
| Tabla 5. Temperaturas a considerar según la zona .....     | 37 |
| Tabla 6. Valores del coeficiente K.....                    | 72 |

## **ÍNDICE DE FIGURAS:**

|                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| Ilustración 1. Torre del Castillo Benzalá .....                         | 2   |
| Ilustración 2. Togada Romana en el Ayuntamiento de Torredonjimeno ..... | 3   |
| Ilustración 3. Cerro Benzalá .....                                      | 3   |
| Ilustración 4. Semicrucetas atirantadas en tresbolillo .....            | 12  |
| Ilustración 5. Cruzamiento entre los apoyos 30 y 31 .....               | 17  |
| Ilustración 6. Elementos de un CTBP.....                                | 18  |
| Ilustración 7 Figura P.C. nº1 .....                                     | 203 |
| Ilustración 8 Figura P.C. nº2.....                                      | 204 |
| Ilustración 9 Figura P.C. nº3.....                                      | 206 |
| Ilustración 10 Figura P.C. nº4.....                                     | 207 |

# **1 MEMORIA**

## **1.1 Objeto**

Con motivo de concluir los estudios en el Grado de Ingeniería Eléctrica se realiza el siguiente proyecto, cuyo objetivo será diseñar y calcular una línea aérea de 20 kV (Media Tensión), y un centro de transformación de intemperie compacto bajo poste de 100 kVA, que se destinará a abastecer de electricidad un museo que se construirá en una zona rural a unos 11 km del municipio de Torredonjimeno, a unos 600 m del Castillo de Benzalá.

## **1.2 Alcance**

El uso de esta línea será para dotar de energía eléctrica al museo que se situará en el cerro Ben-Zala, en Torredonjimeno. Para ello se diseñará y proyectará tanto el centro de transformación como la línea que lo conecta a la red. Está dimensionada previniendo posibles ampliaciones futuras.

## **1.3 Antecedentes**

El castillo de Benzalá, situado en el cerro Benzalá, es de la época calatrava. Fue construido a finales del siglo XIII, poco después del Pacto de Jaén (1246). En la actualidad solo se mantiene en pie una torre de las tres que había en su origen, aunque también se pueden observar algunos restos de la muralla incrustados en el terreno.



Ilustración 1. Torre del Castillo Benzalá

El castillo está protegido por el decreto de 22 de abril de 1949, y desde 1985 se considera Bien de Interés Cultural. Desde 2018 se incluye en la Lista Roja del

Patrimonio.

Pero además, este cerro fue un antiguo asentamiento de distintas ocupaciones históricas desde la más antigua en el Calcolítico (Edad del Bronce final, 2750-2500 a.C.), a la íbera, romana, medieval y moderna (a partir del siglo XV comienza a deshabitarse este lugar), donde se han hallado numerosos restos arqueológicos.

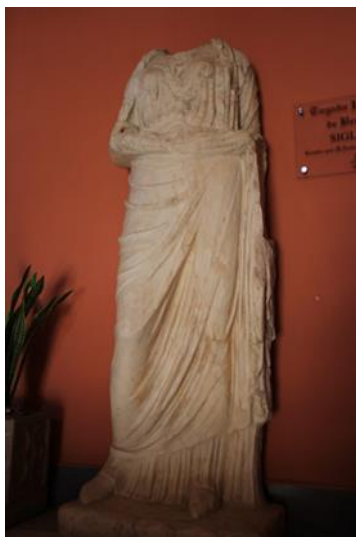


Ilustración 2. Togada  
Romana en el Ayuntamiento de  
Torredonjimeno

Por este motivo, el cerro Benzalá se trata de un paraje con una alta riqueza e interés cultural, donde se pretende restaurar en la medida de lo posible el castillo, además de construir un museo cerca del cerro (a unos 600 m del castillo), donde exponer algunos de los restos encontrados en las inmediaciones, y desde donde se realizarán excursiones a la cumbre del cerro para visitar los restos que aún quedan en pie, para que el público pueda conocer la historia que tiene este lugar.



Ilustración 3. Cerro Benzalá

o

museo, que tendrá una planta de forma cuadrada, con una superficie de 400 m<sup>2</sup>. La línea partirá desde la Subestación Eléctrica de Valdivieso, situada en Torredonjimeno,

## 1.4 Normas y referencias

### 1.4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas

- **Norma UNE 157001:2014**, “*Criterios generales para la elaboración de proyectos*”.
- **Real Decreto 223/2008**, de 15 de febrero, por el que se aprueban el **Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión** y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- **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.
- **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión**. Aprobado por Decreto 842/2002, de 02 de agosto, B.O.E. 224 de 18-09-2002.
- **Instrucciones Técnicas Complementarias, denominadas MI-BT**. Aprobadas por Orden del MINER de 18 de septiembre de 2002.
- **Autorización de Instalaciones Eléctricas**. Aprobado por Ley 40/94, de 30 de diciembre, B.O.E. de 31-12-1994.
- **Ordenación del Sistema Eléctrico Nacional** y desarrollos posteriores. Aprobado por Ley 40/1994, B.O.E. 31-12-1994.
- **Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre**, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica (B.O.E. de 27 de diciembre de 2000).
- **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. Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.



- **Ley 24/2013** de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- **Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía**, Decreto de 12 Marzo de 1954 y **Real Decreto 1725/84** de 18 de Julio.
- **Real Decreto 2949/1982** de 15 de Octubre de Acometidas Eléctricas.
- **NTE-IEP**. Norma tecnológica de 24-03-1973, para **Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra**.
- Normas **UNE / IEC**.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.
- Ordenanzas municipales del ayuntamiento donde se ejecute la obra.
- Condicionados que puedan ser emitidos por organismos afectados por las instalaciones.
- Normas y especificaciones particulares de Endesa.
- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.

Se tendrán en cuenta, además, las normas que se citan en los reglamentos anteriores

#### 1.4.2 Software informático

Para la realización del proyecto se han empleado las siguientes herramientas software:

- Andelec V.22, para el diseño y cálculo de la línea.
- Amikit 5.0, para diseño y cálculo del centro de transformación.
- Microsoft Excel: para verificar los cálculos.
- Microsoft Word, para la redacción del proyecto.
- AutoCad, para obtener los planos.

### 1.4.3 Bibliografía

- Apuntes de la asignatura Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión en EPSL.  
Autor: Manuel Gómez Gonzalez
- Reglamento de Alta Tensión
- NRZ001, Especificaciones Particulares para instalaciones e-distribución en Alta Tensión de  $U_n \leq 36$  kV. Autor: Endesa Distribución
- Proyecto Tipo AYZ10000, Líneas Aéreas de Media Tensión. Autor: Endesa Distribución.
- Proyecto Tipo FYZ31000, Centro de Transformación Prefabricado Rural Bajo Poste.
- Ficheros de datos de Andelec.

### 1.5 Definiciones y abreviaturas

En este proyecto, se utilizan numerosas abreviaturas, por lo que se proporcionarán sus definiciones a medida que vayan surgiendo. No obstante, algunas de las abreviaturas más comunes son las siguientes:

- U: tensión (V)
- I: intensidad o corriente (A)
- S: potencia aparente (VA)
- P: potencia activa (W)
- Q: potencia reactiva (VAr)
- R: resistencia ( $\Omega$ )
- L: inducción (H)
- X: reactancia ( $\Omega$ )
- C: Capacidad (F)
- $\cos\varphi$ : factor de potencia.

## 1.6 Requisitos de diseño

### 1.6.1 Datos de partida

Se trata de una línea aérea de nueva construcción, de 20 kV, simple circuito, montaje tresbolillo, que parte desde la Subestación Eléctrica de Valdivieso. Está dimensionada para transportar hasta 100 kVA. El conductor elegido es el 94-AL1/22-ST1A, denominado LA-110 en el código antiguo. El centro de transformación será de abonado, tipo intemperie bajo póster, de 100 kVA

### 1.6.2 Emplazamiento

La línea se desarrolla en su totalidad en el término municipal de Torredonjimeno, provincia de Jaén. Trascurre a través de olivares, como se puede observar en el plano de situación que se adjunta en el anexo de planos.

### 1.6.3 Localización

La línea está conectada en su inicio a la subestación eléctrica de Valdivieso. Al final de la misma estará conectada al transformador del museo. Las coordenadas UTM de los apoyos se muestran en la siguiente tabla:

| Apoyo nº | Coordenada X UTM | Coordenada Y UTM | Cota   |
|----------|------------------|------------------|--------|
| 1        | 418631,00        | 4180123,50       | 690,17 |
| 2        | 418327,76        | 4180362,92       | 708,46 |
| 3        | 418235,62        | 4180435,67       | 700,63 |
| 4        | 418087,60        | 4180552,54       | 652,10 |
| 5        | 417804,21        | 4180776,30       | 608,14 |
| 6        | 417565,39        | 4180964,85       | 572,86 |
| 7        | 417371,39        | 4181118,03       | 556,81 |
| 8        | 417111,40        | 4181323,31       | 535,66 |
| 9        | 416688,51        | 4181657,20       | 529,33 |
| 10       | 416183,64        | 4182055,83       | 547,52 |
| 11       | 415858,96        | 4182312,17       | 535,25 |
| 12       | 415568,40        | 4182541,59       | 543,14 |
| 13       | 415251,74        | 4182791,61       | 564,88 |
| 14       | 415072,07        | 4182933,47       | 565,47 |
| 15       | 414764,80        | 4183176,07       | 570,68 |
| 16       | 414552,40        | 4183343,78       | 568,59 |
| 17       | 414385,71        | 4183475,39       | 560,35 |
| 18       | 414173,86        | 4183642,66       | 555,86 |
| 19       | 413883,67        | 4183871,77       | 550,56 |

|    |           |            |        |
|----|-----------|------------|--------|
| 20 | 413492,50 | 4184180,62 | 553,24 |
| 21 | 413189,15 | 4184420,14 | 523,21 |
| 22 | 412929,58 | 4184625,08 | 492,10 |
| 23 | 412707,12 | 4184800,72 | 476,93 |
| 24 | 412457,37 | 4184997,92 | 419,18 |
| 25 | 412028,16 | 4185336,80 | 452,75 |
| 26 | 411814,44 | 4185505,54 | 459,13 |
| 27 | 411570,34 | 4185698,27 | 465,28 |
| 28 | 411328,90 | 4185888,91 | 457,14 |
| 29 | 411106,54 | 4186064,47 | 469,52 |
| 30 | 410820,21 | 4186290,54 | 482,67 |
| 31 | 410629,66 | 4186440,99 | 508,50 |
| 32 | 410373,80 | 4186643,01 | 513,98 |
| 33 | 410227,51 | 4186757,51 | 528,78 |
| 34 | 409982,56 | 4186802,43 | 498,92 |
| 35 | 409666,78 | 4186860,34 | 485,56 |
| 36 | 409425,33 | 4186904,62 | 464,82 |
| 37 | 409082,35 | 4186967,51 | 451,35 |

Tabla 1. Coordenadas UTM de los apoyos

## 1.7 Análisis de soluciones

El objetivo del proyecto es dotar de energía el museo que será construido cerca del Castillo de Benzalá. Para ello, se diseñará una línea de 20 kV y un Centro de Transformación.

El museo constará de una sola planta, con una superficie en forma de cuadrado de 400 m<sup>2</sup>. Desconocemos los equipos eléctricos que se instalarán, por lo que cumpliendo con la ITC-BT 10 obtenemos una previsión de potencia de 40 kW. Se decide instalar un centro de transformación de 100 kVA, lo que permitirá posibles ampliaciones futuras. Este centro será de abonado y de tipo intemperie compacto bajo poste.

Para diseñar la línea, en primer lugar decidimos el tipo de montaje de la cruceta, que en nuestro caso será tresbolillo, para prevenir electrocuciones de las aves, debido a la disposición de los conductores. Para la selección del conductor, tenemos en cuenta la potencia máxima a transportar, que en nuestro caso será de 100 kVA, y la tensión de transporte, de 20 kV. Se emplearan conductores de aluminio con alma de acero galvanizado. Además, siguiendo las Especificaciones Particulares de e-distribución en Alta Tensión de  $U_n \leq 36$  kV y puesto que nuestra línea parte de una

subestación, se empleará el conductor de una sección mínima de  $95 \text{ mm}^2$ . Por tanto, después de realizar los cálculos, el conductor seleccionado es el 94-AL1/22-ST1A (LA-110 en el código antiguo). El trazado de la línea tiene una longitud de 11870,9 m y transcurre en su totalidad entre olivares, por lo que siguiendo la ITC-LAT 07, la distancia mínima del conductor al terreno será de 7 m. Consta de 37 apoyos que se consideran como no frecuentados.

## **1.8 Línea Eléctrica**

### *1.8.1 Criterios generales de diseño*

#### *1.8.1.1 Generalidades*

Al ser una línea de 20 kV, se clasifica como de 3º categoría según lo establecido en el Artículo 3 del Capítulo 1 del Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión (RLAT) vigente. En cuanto al trazado de esta línea, se ha planificado de acuerdo a los permisos de paso obtenidos, con el objetivo de evitar, en la medida de lo posible, la instalación de apoyos en ángulo y de pasar por áreas de valor cultural o arqueológico. También se ha buscado minimizar el impacto ambiental procurando que su trazado siga rutas que tengan la menor visibilidad posible.

El primer apoyo irá conectado a la subestación eléctrica de Valdivieso, donde se ubicarán el interruptor y la protección de la línea. La línea dispone de un total de 11870,9 m. La mínima cota del terreno se encuentra a 395,5 m y la máxima, a 709,6 m, por lo que transcurre por zonas A y B. Está compuesta por 37 apoyos que forman un total de 36 vanos. Consta de 11 vanos de regulación. El apoyo de mayor altitud se encuentra a 709,6 m, y el de menor, a 448,1 m, con respecto al nivel del mar. Éstos ocupan una superficie total de  $79,6 \text{ m}^2$ . La línea consta de un apoyo de ángulo, por lo que dispone de 2 alineaciones.

#### *1.8.1.2 Tensión nominal y nivel de aislamiento*

Para determinar la tensión máxima y los niveles de aislamiento del material a utilizar, se seguirán los parámetros especificados en la siguiente tabla:

| Tensión nominal de la red U (kV) | Tensión más elevada para el material Um (kV eficaces) | Tensión soportada nominal a frecuencia industrial (kV eficaces) | Tensión de choque soportada nominal (tipo rayo) (kV de cresta) |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| $U \leq 20$                      | 24                                                    | 50                                                              | 125                                                            |
| $20 < U \leq 30$                 | 36                                                    | 70                                                              | 170                                                            |

**Tabla 2. Nivel aislamiento del material**

### *1.8.2 Elementos de la línea*

#### *1.8.2.1 Apoyos*

##### *1.8.2.1.1 Tipos*

Cumpliendo con la ITC-LAT 07, los apoyos serán metálicos, galvanizados en caliente, según el catálogo Andel S.A. bajo especificación Endesa.

El fuste tendrá forma de tronco piramidal con sección cuadrada, constituido por diferentes tramos dependiendo de la altura necesaria, compuesto cada uno de estos tramos por cuatro montantes fijados por celosía atornillada en cuerpos. La altura total del apoyo será la necesaria para cumplir con las distancias mínimas al terreno

La cabeza-armado será prismática de sección cuadrada de cuerpo único fijado con tornillos, de simple o doble celosía. Las crucetas también serán de celosía, formando un conjunto.

Los apoyos se clasifican en diferentes tipos según su función y posición relativa respecto al trazado de la línea. Los tipos de apoyos en función de su función son:

1. Apoyos de suspensión: Estos apoyos cuentan con cadenas de aislamiento en suspensión.
2. Apoyos de amarre: Estos apoyos tienen cadenas de aislamiento de amarre.
3. Apoyos de anclaje: Son apoyos de amarre que, además de su función principal, proporcionan puntos firmes para evitar la propagación de esfuerzos longitudinales excepcionales a lo largo de la línea. Deben instalarse al menos

cada tres kilómetros.

4. Apoyos de fin de línea: Estos apoyos de amarre se sitúan en el inicio y el final de la línea y están diseñados para soportar las solicitudes longitudinales de todos los conductores en un solo sentido.
5. Apoyos especiales: Estos apoyos tienen funciones distintas a las mencionadas anteriormente.

Además, en función de su posición relativa al trazado de la línea, se clasifican en:

1. Apoyos de alineación: Son apoyos de suspensión, amarre o anclaje colocados en tramos rectilíneos de la línea. Su función principal es mantener elevados los conductores a la distancia especificada en el proyecto.
2. Apoyos de ángulo: Estos apoyos de amarre o anclaje se ubican en ángulos del trazado de la línea.

La línea proyectada consta de 37 apoyos: 1 principio de línea, 1 final de línea, 25 de alineación en suspensión, 3 de alineación en amarre, 6 de alineación en anclaje y 1 de ángulo anclaje. Los apoyos en anclaje están instalados a menos de 3 km entre ellos.

#### *1.8.2.2 Armados*

Las especificaciones técnicas de los armados metálicos se adecuarán a las pautas definidas en la ITC-LAT 07. La línea objeto será de simple circuito con un solo conductor por fase optándose por el armado en tresbolillo.

##### *1.8.2.2.1 Semicrucetas atirantadas*

Siguiendo las especificaciones de la norma UNE 207017 y haciendo referencia a la norma informativa AND001 Apoyos y armados de perfiles metálicos, se colocarán crucetas atirantadas dispuestas en tresbolillo.



Ilustración 4. Semicrucetas atirantadas en tresbolillo

#### *1.8.2.2.2 Dimensiones de los apoyos y armados*

La altura de los apoyos se determina teniendo en cuenta la distancia mínima requerida entre los conductores y el suelo u otros obstáculos, de acuerdo con las Especificaciones Particulares para instalaciones de distribución en Media y Baja Tensión (MT/BT) de Endesa Distribuidora Eléctrica (EDE).

Las dimensiones de los armados se calculan de manera que garanticen la distancia adecuada entre los conductores, así como entre estos y las partes metálicas del apoyo, conforme a las directrices establecidas en el apartado 5.4.1 de la Instrucción Técnica Complementaria para Líneas Aéreas de Tensión Igual o Inferior a 30 kV (ITC-LAT 07) del Reglamento de Líneas de Alta Tensión (RLAT).

Las alturas y dimensiones de los apoyos y armados pueden observarse en detalle en el anexo de resultados de cálculos de la línea.

#### *1.8.2.3 Conductores eléctricos*

El conductor empleado será de aluminio con alma de acero galvanizado, siguiendo las recomendaciones y especificaciones establecidas en la norma informativa AND010, que trata sobre conductores desnudos destinados a líneas eléctricas aéreas de media tensión con tensiones de hasta 30 kV. Debido a que nuestra línea parte de una subestación, y siguiendo con las especificaciones particulares de Endesa, NRZ001 Instalaciones menores de 36 kV, el conductor empleado será el 94-AL1/22-ST1A (LA-110 en el código antiguo):

- Sección (mm<sup>2</sup>): 116,20



- Diámetro (mm): 14,000
- Carga de rotura (daN): 4405
- Peso (daN/m): 0,432
- Módulo de elasticidad (daN/mm<sup>2</sup>): 8200
- Coeficiente de dilatación (°C-1): 0,00001778
- Resistencia kilométrica (Ohm/km): 0,306
- Composición: 30+7

#### *1.8.2.4 Aislamiento*

El aislamiento de las instalaciones se diseña considerando la tensión nominal, distancia entre partes activas y masa, así como la línea de fuga requerida. Los componentes del aislamiento, como los herrajes y los aisladores, tendrán un coeficiente de seguridad igual o superior a 3 en términos de resistencia mecánica.

Otro aspecto a tener en cuenta es el nivel de contaminación salina y de industria. De acuerdo al apartado 4.4 de la ITC-LAT 07, considero un nivel ligero.

Considerando lo expuesto anteriormente, se instalan aisladores de tipo polimérico CS70AB 24 kV.

#### *1.8.2.5 Cadenas*

Los apoyos de anclaje, ángulo o principio y final de línea poseen cadenas horizontales o de amarre, siendo de alineación las empleadas en los apoyos en línea

##### *1.8.2.5.1 Cadenas de suspensión*

Son cadenas de naturaleza polimérica, de suspensión simple

Código: LA110-20kV-SUS-SIM-POL

Nº de elementos: 1 Uds

Tipo de elementos: CS70AB 24 kV

Longitud: 607,000 mm

Peso: 2,577 daN

Línea de fuga: 728,000 mm

Carga de destrucción electromecánica: 5000,000 daN

#### *1.8.2.5.2 Cadenas de suspensión de cruce*

Serán usadas en apoyos de alineación-suspensión con seguridad reforzada.

Están compuestas por una doble cadena y varilla preformada.

Nº de elementos: 2 Uds

Tipo de elementos: CS70AB 24 kV

Longitud: 942,000 m

Peso: 9,825 daN

Línea de fuga: 728,000 mm

Carga de destrucción electromecánica: 5000,000 daN

#### *1.8.2.5.3 Cadenas de anclaje-amarre*

Es una cadena doble, de naturaleza polimérica, de anclaje simple.

Código de la cadena: LA110-20kV-ANC-SIM-POL

Nº de elementos: 1 Uds

Tipo de elementos: CS70AB 24 kV

Longitud: 702,000 mm

Peso: 3,018 daN

Línea de fuga: 728,000 mm

Carga de destrucción electromecánica: 5000,000 daN

#### *1.8.2.5.4 Cadenas de anclaje-amarre de cruce*

Serán usadas en apoyos de amarre o anclaje con seguridad reforzada. Doble cadena, de naturaleza polimérica, de anclaje.

Código de la cadena: LA110-20kV-ANC-DOB-POL

Nº de elementos: 2 Uds

Tipo de elementos: CS70AB 24 kV

Longitud: 1114,000 mm

Peso: 10,589 daN

Línea de fuga: 728,000 mm

Carga de destrucción electromecánica: 5000,000 daN

#### *1.8.2.6 Accesorios*

##### *1.8.2.6.1 Dispositivos de protección avifauna*

Debido a que la línea no discurre por ninguna zona de especial protección de la avifauna, no se precisan de estos dispositivos.

##### *1.8.2.6.2 Placas de señalización*

En todos los apoyos, se implementarán placas normalizadas que servirán para numerar y facilitar la identificación de cada apoyo, además de señalar los riesgos eléctricos presentes en la instalación. En los apoyos donde se coloquen elementos de maniobra, se añadirá un identificador adicional específico. Estas placas se ubicarán a una altura de 3 metros desde el suelo, en la cara que sea paralela o más cercana a los caminos o carreteras para garantizar su fácil visibilidad.

#### *1.8.2.7 Protecciones*

Se emplearán autoválvulas del tipo POM 24/10, con una tensión máxima de servicio de 24 kV y una corriente de descarga de 10 kA para proteger contra sobretensiones. Estarán instaladas en el apoyo final de línea.

#### *1.8.3 Cimentaciones*

Se realizarán de tipo monobloque prismática de sección cuadrada y se utilizará hormigón en masa, con una calidad mínima HM-20, satisfaciendo la Instrucción de Hormigón Estructural EHE 08. Para proteger los montantes y uniones de los apoyos, la cimentación sobresaldrá del suelo en forma de zócalo de 0,2 m. Además dispondrán de una peana de 5 cm para desalojar el agua en caso de lluvia.

Se han calculado mediante el método Sulzberger, cumpliendo con lo especificado

en el apartado 3.6 de la ITC-LAT 07. Pueden observarse los parámetros adoptados en el anexo correspondiente.

#### *1.8.4 Puesta a Tierra de los apoyos*

El diseño de la puesta a tierra debe satisfacer lo expuesto en el punto 7 de la ITC-LAT 07, garantizando los siguientes requisitos:

- Difusión de la corriente de puesta a tierra a través de los electrodos elegidos.
- Capacidad de resistir a la corrosión y los esfuerzos mecánicos.
- Capacidad de resistir el calor producido por la intensidad de falta mayor.
- Garantizar la seguridad ante sobretensiones que se puedan producir durante una falta a tierra.
- Proteger la línea, las propiedades y los diferentes equipos.

Todos los apoyos de los que consta la línea presente en este proyecto son considerados no frecuentados. La puesta a tierra de los apoyos constará de un electrodo formado por picas de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud y conductores de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup>. Todas las partes metálicas de los apoyos irán unidas directamente a tierra. Al no tener una previsión de heladas, se enterrarán a 0,5 m.

El cálculo de la puesta a tierra se encuentra detallado en el anexo correspondiente.

#### *1.8.5 Distancias de Seguridad*

##### **1.8.5.1 Distancia de los conductores al terreno**

Debido a que la línea atraviesa olivares, la distancia mínima de los conductores al terreno será de 7 m, para prevenir posibles accidentes con vehículos agrícolas, cumpliendo así con el apartado 5.5 de la ITC-LAT 07. La altura de los apoyos deberá satisfacer con lo anterior en condiciones de flecha máxima vertical.

##### *1.8.5.2 Distancia entre conductores*

Viene definida por la longitud del vano, y su flecha máxima vertical, para cada caso se define, la separación de crucetas más adecuada, con un mínimo establecido para el cumplimiento de las distancias establecidas en la ley de avifauna.

Según el punto 5.4 de la ITC-LAT 07, esta distancia debe garantizar que no hay

riesgo de cortocircuito entre fases ni a tierra. Para ello, habrá de tenerse en cuenta la oscilación que pueda provocar el viento en los conductores, además de la nieve que se pueda posar sobre ellos.

#### *1.8.5.2.1 Cruzamientos*

Se entiende por cruzamiento cualquier obstáculo por el que trascurra la línea, tales como carreteras, ríos, ramblas, ferrocarril, casas, naves, invernaderos, etc. A lo largo de nuestra línea encontramos los siguientes cruzamientos:

- Cruzamiento “Carreteras y caminos asfaltados”, lo encontramos entre los apoyos 30 y 31. La distancia mínima obligatoria son 9 m. En nuestra línea, la distancia será de 9,12 m. Puede observarse con detalle en el plano 3 del anexo de Planos.

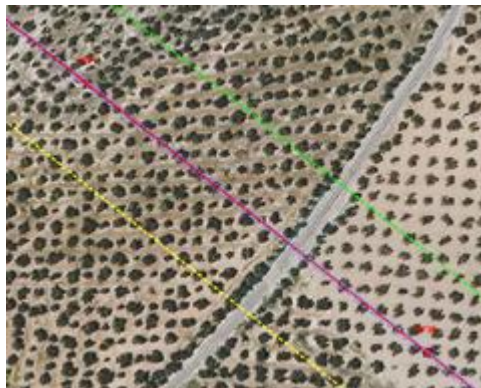


Ilustración 5. Cruzamiento entre los apoyos 30 y 31

### **1.9 Centro de Transformación**

#### *1.9.1 Características generales*

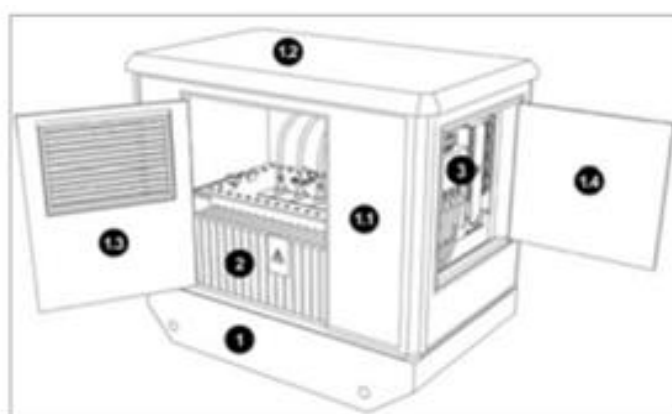
##### *1.9.1.1 Ubicación y Accesos*

El centro será de cliente, tipo intemperie compacto bajo poste, por lo que se situará a pie del apoyo final de línea.

La selección del emplazamiento se realiza considerando prioritariamente la seguridad, el mantenimiento de las instalaciones, y la continuidad del servicio. Además, se cumplirán rigurosamente todas las regulaciones y normativas relacionadas con las distancias mínimas a edificaciones, vías de comunicación y otros servicios.

El Centro de Transformación cuenta con un sistema de acceso controlado y

seguro. Posee una puerta metálica con un mecanismo de giro que incorpora un enclavamiento para evitar cierres accidentales. Esta puerta proporciona acceso al cuadro de baja tensión (BT). Es importante destacar que el acceso al cuadro de BT es independiente del acceso al transformador. Para llegar al transformador, hay dos puertas: una para la zona de bornas de media tensión (MT) y otra para la zona de BT. La apertura de ambas puertas se realiza desde el compartimento del cuadro de BT. La puerta que da acceso al cuadro de BT está equipada con un sistema de cierre, el cual consta de dos puntos de anclaje para garantizar la seguridad de funcionamiento y evitar aperturas no autorizadas en el Centro de Transformación.



|     |                                      |
|-----|--------------------------------------|
| 1   | Envoltura Prefabricada               |
| 1.1 | Construcción Monobloque Hormigón     |
| 1.2 | Cubierta Amovible                    |
| 1.3 | Puertas de Transformador             |
| 1.4 | Puerta de Acceso al CBT              |
| 2   | Transformador de Potencia            |
| 3   | Cuadro Baja Tensión CBT- Interruptor |

**Ilustración 6. Elementos de un CTBP**

#### 1.9.1.2 Dimensiones

**Nº de transformadores:** 1

**Puertas de acceso peatón:** 3 puertas

#### **Dimensiones exteriores**

- **Longitud:** 2170 mm
- **Fondo:** 1330 mm
- **Altura:** 2080 mm

- **Altura vista:** 1600 mm
- **Peso:** 4600 kg

#### **Dimensiones interiores**

- **Longitud:** 1900 mm
- **Fondo:** 1160 mm
- **Altura:** 1480 mm

#### **Dimensiones de la excavación**

- **Longitud:** 2550 mm
- **Fondo:** 1710 mm
- **Profundidad:** 480 mm

### *1.9.2 Características eléctricas de la Instalación*

#### *1.9.2.1 Nivel de Aislamiento en MT*

Frecuencia industrial (1 min)

- a tierra y entre fases 50 kV
- a la distancia de seccionamiento 60 kV

Impulso tipo rayo

- a tierra y entre fases 125 kV
- a la distancia de seccionamiento 145 kV

#### *1.9.2.2 Nivel de Aislamiento en BT*

Frecuencia industrial (1 min)

- a tierra y entre fases: 10 kV
- entre fases: 2,5 kV

Impulso tipo rayo:

- a tierra y entre fases: 20 kV

### 1.9.2.3 Potencias de transformación

El Centro consta de un transformador de 100 kVA. La tensión nominal en Baja Tensión es de 400 V.

### 1.9.2.4 Corriente de cortocircuito

Los materiales utilizados en el Centro de Transformación compacto bajo poste (CTBP) deben ser capaces de resistir las fuerzas generadas por las corrientes de cortocircuito y los tiempos de duración previstos para dichos fallos en la instalación. En términos generales, se ha establecido una intensidad trifásica de cortocircuito (conocida como intensidad asignada de corta duración) de 16 kA<sup>2</sup> en las barras de Media Tensión (MT) de la subestación a la que está conectado el CTBP. A medida que nos alejamos de la subestación, esta intensidad disminuye. La tabla 4 proporciona una estimación aproximada de las distancias a partir de las cuales se pueden considerar valores de 8 kA y 12,5 kA, respectivamente.

|           | U <sub>n</sub> (kV)<br>I <sub>cc30</sub> (kA) | 6   |      | 10  |      | 11    |      | 13,2  |      | 15    |      | 20    |      | 25    |      | 30    |      |
|-----------|-----------------------------------------------|-----|------|-----|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
|           |                                               | 8   | 12,5 | 8   | 12,5 | 8     | 12,5 | 8     | 12,5 | 8     | 12,5 | 8     | 12,5 | 8     | 12,5 | 8     | 12,5 |
| Conductor | 47AL1/8-T1A<br>(LA 56)                        | 304 | 85   | 506 | 142  | 556   | 156  | 668   | 187  | 759   | 212  | 1.012 | 283  | 1.265 | 354  | 1.518 | 425  |
|           | 94-AL1/22-ST1A<br>(LA 110)                    | 559 | 157  | 932 | 261  | 1.026 | 287  | 1.231 | 345  | 1.398 | 392  | 1.865 | 522  | 2.331 | 653  | 2.797 | 783  |
|           | 47-AL1/8-A20SA<br>(LARI 56)                   | 320 | 90   | 533 | 149  | 587   | 164  | 704   | 197  | 800   | 224  | 1.066 | 299  | 1.333 | 373  | 1.600 | 448  |
|           | 67-AL1/11-A20SA<br>(LARI 78)                  | 445 | 124  | 741 | 207  | 815   | 228  | 978   | 274  | 1.111 | 311  | 1.482 | 415  | 1.852 | 519  | 2.223 | 622  |

Tabla 3. Distancias alejadas de la subestación e Icc

## 1.9.3 Características de la Obra Civil

### 1.9.3.1 Edificio

La envolvente empleada en la ejecución de este proyecto cumplirán con las condiciones generales establecidas en el MIE-RAT 14, que se refiere a la Instrucción Primera del Reglamento de Seguridad en Centrales Eléctricas. Esto abarca aspectos relacionados con la inaccesibilidad, pasos y accesos, conducciones y almacenamiento de fluidos combustibles y de agua, alcantarillado, canalizaciones, cuadros y pupitres de control, celdas, ventilación, paso de líneas y canalizaciones eléctricas a través de paredes, muros y tabiques, señalización, sistemas contra incendios, alumbrado, primeros auxilios, pasillos de servicio, zonas de protección y documentación..



### 1.9.3.2 Cimentación

Para la instalación de los Centros de Transformación CTC, se requiere una excavación inicial. Tras esta excavación, se recomienda nivelar la parte inferior utilizando una capa compacta de arena con un espesor de 100 mm. Además, esta etapa puede aprovecharse para preparar la red de tierras necesaria.

Se sugiere la construcción de una acera con un ancho de un metro a lo largo del frente de maniobra, que permitirá al operario llevar a cabo las operaciones relacionadas con el cuadro de BT de manera segura y conveniente.

### 1.9.4 Instalación Eléctrica

#### 1.9.4.1 Líneas de alimentación

La conexión de las líneas de alimentación al Centro de Transformación se llevará a cabo utilizando cables subterráneos unipolares con aislamiento de polietileno reticulado XLPE, un material termoestable. Este método de conexión se ajustará a las especificaciones detalladas en la norma informativa DND001 sobre cables aislados para redes de Media Tensión, que abarca tanto instalaciones aéreas como subterráneas con tensiones de hasta 30 kV. Los detalles de las características de estos cables pueden encontrarse en la tabla siguiente:

| Características      | Valores                  |
|----------------------|--------------------------|
| Nivel de aislamiento | 12/20 ó 18/30 kV         |
| Naturaleza           | Aluminio                 |
| Sección              | 95 ó 150 mm <sup>2</sup> |

**Tabla 4. Características de los conductores**

Durante la instalación del cable, es necesario que la temperatura ambiente sea superior a 0°C como mínimo. Durante el proceso de tendido, se debe respetar un radio de curvatura mínimo de 20 veces el diámetro exterior del cable, representado como 20xD. Una vez que el cable esté instalado, el radio de curvatura no debe ser menor que 15 veces el diámetro exterior del cable, que se representa como 15xD. Estas medidas son esenciales para garantizar una instalación segura y adecuada del cable.

#### *1.9.4.2 Apoyo del Centro*

El apoyo del centro se complementará con una estructura apropiada que permita el amarre de la línea aérea, además de proporcionar espacio para alojar la aparamenta y facilitar la transición de la línea aérea a subterránea, para su conexión con el transformador.

#### *1.9.4.3 Transformadores de potencia*

Nuestro centro consta de un solo transformador trifásico reductor de tensión, diseñado y construido de acuerdo a la norma informativa GST001 MV/LV Transformers. Tiene un neutro accesible en el secundario, una potencia de 100 kVA y utiliza refrigeración natural con éster biodegradable. Su tensión primaria es de 20 kV, y su tensión secundaria en vacío es de 420 V.

Otras características del transformador son:

- Regulación en el primario:  $\pm 2.5\%, \pm 5\%, +10\%$
- Tensión de cortocircuito (Ecc): 4%
- Grupo de conexión: YZn11
- Protección incorporada al transformador: Termómetro
- Sistema de recogida de posibles derrames de acuerdo a ITC-RAT 14, apartado 5.1 a).

#### *1.9.4.4 Circuito Media Tensión*

La conexión entre la línea eléctrica de MT y el transformador se realizará utilizando cables unipolares, y este proceso se regirá por las especificaciones detalladas en la norma informativa DND001, que trata sobre cables aislados para redes de Media Tensión de hasta 30 kV.

los cables de conexión estarán equipados en el extremo del apoyo del Centro de Transformación Compacto (CTBP) con terminales termorretráctiles. Estos terminales cumplirán con las pautas establecidas en la norma informativa GSCC005 2/20(24) kV and 18/30(36) kV Cold shrink terminations for MV cables.

#### *1.9.4.5 Puentes Baja Tensión*

La conexión entre las bornas de Baja Tensión (BT) del transformador y el cuadro de Baja Tensión se llevará a cabo utilizando juego de puentes de cables de BT, de sección y material 0,6/1 kV tipo RZ1 de 1x150Al sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 1xfase + 1xneutro, y cumplirán con las especificaciones establecidas en la norma informativa CNL001Cables Unipolares para Redes Subterráneas de Distribución BT de tensión asignada 0,6/1 kV.

#### *1.9.4.6 Interruptor Baja Tensión*

Para garantizar la protección del transformador contra sobrecargas, se instalará un interruptor automático de Baja Tensión (BT) equipado con una bobina de disparo de 230 V. Este interruptor se activará cuando reciba una señal de la sonda de temperatura del transformador que indique la necesidad de desconectar el circuito. Las características técnicas de este interruptor se diseñarán de manera que asegure la selectividad con los fusibles de Baja Tensión

#### *1.9.4.7 Cuadro Baja Tensión*

El Cuadro de Baja Tensión (CBT) es un conjunto de equipos y dispositivos de Baja Tensión (BT) cuya principal función es recibir la corriente eléctrica proveniente del transformador de Media Tensión (MT/BT) y distribuirla en varios circuitos individuales de Baja Tensión.

El cuadro consta de:

- Interruptor automático de 160 A.
- 4 Salidas formadas por bases portafusibles.
- Interruptor diferencial bipolar de 25 A, 30 mA.
- Base portafusible de 32 A y cartucho portafusible de 20 A.
- Base enchufe bipolar con toma de tierra de 16 A/ 250 V.
- Bornas(alimentación a alumbrado) y pequeño material.
- Tensión asignada: 440 V

### *1.9.5 Protecciones*

#### *1.9.5.1 Protección contra cortocircuitos*

Con el objetivo de salvaguardar tanto la red eléctrica como el transformador de posibles fallos internos o externos, se instalarán cortacircuitos fusibles en el apoyo del centro.

#### *1.9.5.2 Protección contra sobretensiones en Media Tensión*

Los pararrayos serán conformados por resistencias de tipo no lineal, fabricadas a partir de óxido de zinc, las cuales se conectarán en serie sin la presencia de elementos explosores. Estos elementos se ajustarán de acuerdo con lo establecido en la norma de referencia AND015 Pararrayos de óxidos metálicos sin explosores para redes de MT hasta 36 kV.

La línea de descarga se clasificará como Clase 1.

La interconexión de los dispositivos pararrayos con los cables de fase se llevará a cabo empleando latiguillos de conductor desnudo, con una sección igual a la de la línea, procurando que sean lo más cortos posible y evitando curvas pronunciadas en su trayecto

#### *1.9.5.3 Protección térmica del transformador*

La protección térmica en el transformador será proporcionada por una sonda que monitorea la temperatura del aceite en la parte superior del transformador. Esta sonda está configurada para activar el disparo del interruptor de BT del transformador cuando se alcanza una temperatura de 105 °C.

La conexión de esta protección se realizará siguiendo las directrices establecidas en la norma UNE-IEC 60076-7 Parte 7, que se refiere a la "Guía de carga para transformadores de potencia sumergidos en aceite".

### *1.9.6 Instalación de Puesta a Tierra*

La instalación de puesta a tierra se compone principalmente de dos circuitos independientes: uno relacionado con la tierra general y otro con el neutro. Estos circuitos están diseñados de tal manera que, en caso de un posible defecto a tierra, la diferencia máxima de potencial que pueda surgir en la tierra de servicio será menor de 1.000 V.

Se conectarán al circuito de puesta a tierra general, las masas de MT y BT.

El neutro de baja tensión (BT) del transformador y la barra general de neutro del cuadro de BT se conectarán al circuito de puesta a tierra de neutro.

#### *1.9.6.1 Diseño de la instalación de puesta a tierra*

Se utilizará el "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría" elaborado por UNESA como base para el diseño de la instalación de puesta a tierra.

#### *1.9.6.2 Elementos constituyentes de la instalación de puesta a tierra*

La instalación de puesta a tierra constará de dos componentes principales: los electrodos de puesta a tierra y las líneas de tierra

#### *1.9.6.3 Electrodos de puesta a tierra*

La composición de los electrodos de puesta a tierra podrá ser una combinación de dos tipos:

- Picas de acero recubiertas de cobre, que se ajustarán a las especificaciones de la norma informativa NNZ035 para picas cilíndricas de puesta a tierra.
- Conductores enterrados horizontalmente, utilizando cable de cobre C-50.

Las picas se instalarán verticalmente, asegurando que su extremo superior esté enterrado a una profundidad no menor de 0,5 metros. En áreas propensas a heladas, se recomienda una profundidad mínima de 0,8 metros.

Los electrodos horizontales se enterrarán a una profundidad equivalente a la del extremo superior de las picas.

#### *1.9.6.4 Líneas de puesta a tierra*

Las líneas de puesta a tierra se construirán utilizando conductores de cobre desnudo con una sección transversal mínima de 50 mm<sup>2</sup> o conductores de aluminio aislado con una sección de 95 mm<sup>2</sup>.

La línea de tierra del neutro estará completamente aislada a lo largo de su trayectoria con un nivel de aislamiento de 0,6/1 kV, que es capaz de soportar 10 kV eficaces durante ensayos de corta duración (1 minuto) a frecuencia industrial, así

como 20 kV durante ensayos de impulso tipo rayo 1,2/50.

#### *1.9.6.5 Ejecución de la puesta a tierra general*

La puesta a tierra general se llevará a cabo utilizando, siempre que sea factible, un electrodo horizontal compuesto por un cable de cobre desnudo con una sección de 50 mm<sup>2</sup> (C-50) enterrado debajo de la superficie del suelo del Centro de Transformación. Este electrodo puede tener una forma cuadrada o rectangular. En casos necesarios, se complementará con picas de acero recubierto de cobre, cada una de 2 metros de longitud y 14 mm de diámetro, clavadas en el terreno. El número de picas será el requerido para alcanzar la resistencia a tierra deseada.

En la instalación de la puesta a tierra general y en la conexión de elementos a la misma, se cumplirán las siguientes condiciones:

- La parte de la instalación de la puesta a tierra general que discurre por el interior del CT será revisable visualmente en todo su recorrido.
- Se instalará un borne de conexión para la medida de la resistencia de tierra en el que será posible la inserción de una pinza amperimétrica para la medición de la corriente de fuga o la continuidad del bucle.
- Los elementos conectados a tierra no estarán intercalados en el circuito como elementos eléctricos en serie, sino que su conexión al mismo se efectuará mediante derivaciones individuales.
- No se unirá a la instalación de puesta general a tierra ningún elemento metálico situado en los perímetros exteriores del CT, tales como puertas de acceso, rejillas de ventilación, etc.
- Igualmente, la cuba del transformador se conectará a la puesta a tierra general, por lo menos, en los dos puntos previstos para ello.
- La envolvente del cuadro de BT (cuando sea metálica) estará conectada al circuito de tierra general, mientras que la pletina de conexión del neutro de BT lo estará al circuito de tierra de neutro.

#### *1.9.6.6 Ejecución de la puesta a tierra de servicio*

Para la puesta a tierra del neutro, se empleará un electrodo compuesto por picas de

acero cobreado, cada una de 2 metros de longitud y 14 mm de diámetro, que serán clavadas en una zanja a una profundidad mínima de 0,5 metros. El número de picas necesario se determinará para garantizar que la resistencia de puesta a tierra sea inferior a 37 ohmios. Se instalará un borne accesible para medir la resistencia de tierra.

La línea de tierra se realizará utilizando un cable de cobre aislado de 0,6/1 kV del tipo XZ1, con una sección de 50 mm<sup>2</sup>. Esta línea se originará en la pletina de neutro del cuadro de BT y se dirigirá a través del fondo de una zanja, enterrada a una profundidad mínima de 0,5 metros, hasta conectar con las picas de puesta a tierra.

#### *1.9.6.7 Medidas adicionales de seguridad para las tensiones de paso y contacto*

Es obligatorio construir una acera perimetral alrededor del centro de transformación con las siguientes dimensiones: 1 metro de ancho por 10 centímetros de espesor. Esta acera deberá estar armada y situada en la zona típicamente utilizada para acceder al centro. El armado de la acera perimetral deberá conectarse a la tierra general del centro, creando así una superficie equipotencial.

#### *1.9.7 Estudio de Seguridad y Salud. Plan de Seguridad*

Durante la fase de construcción e instalación del centro de transformación, se deberán cumplir rigurosamente todas las prescripciones y directrices de seguridad que estén contempladas en la legislación vigente. Asimismo, se seguirán los criterios de seguridad que se especifiquen en el Estudio de Seguridad y Salud correspondiente, garantizando de esta manera un entorno de trabajo seguro y protegiendo la integridad de las personas involucradas en el proyecto.

#### *1.9.8 Limitación de los Campos Magnéticos*

De acuerdo con el apartado 4.7 de la ITC-RAT 14 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión, es necesario adoptar medidas apropiadas en el diseño de las instalaciones para minimizar la exposición a campos magnéticos generados por la circulación de corriente a 50 Hz en los distintos componentes de dichas instalaciones. Esto se realiza con el objetivo de cumplir con los límites de exposición máxima establecidos en el Real Decreto 1066/2001, que regula las condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de

protección sanitaria frente a dichas emisiones.

Según lo especificado, los valores límite son los siguientes:

- Campo magnético inferior a 100  $\mu\text{T}$  para el público en general, medido a 200 mm del exterior del centro de transformación.
- Campo magnético inferior a 500  $\mu\text{T}$  para los trabajadores, medido a 200 mm de la zona de operación del centro de transformación.

#### *1.9.8.1 Medidas de atenuación de campos magnéticos*

Para minimizar el posible impacto de los campos magnéticos generados por el Centro de Transformación (CT), se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones en su diseño:

- Disposición en el suelo y en triángulo: Se preferirá que las entradas y salidas de la red de media tensión se realicen por el suelo y sigan una disposición en triángulo formando ternas. Esta disposición reduce la generación de campos magnéticos.
- Diseño de la red de baja tensión: Se aplicará el mismo principio de disposición en triángulo para la red de baja tensión, buscando minimizar la generación de campos magnéticos en esta parte del CT.
- Interconexiones cortas y evitación de paredes y techos colindantes con viviendas: Se deben diseñar las interconexiones de forma que sean lo más cortas posible, evitando que pasen por paredes y techos que colindan con viviendas u otras áreas sensibles. Esto reducirá la exposición a campos magnéticos.
- Medidas adicionales si no se pueden cumplir los condicionantes de diseño: En caso de que por razones constructivas no sea posible cumplir con alguno de los condicionantes de diseño anteriores, se deben tomar medidas adicionales para minimizar los valores de los campos magnéticos. Esto puede incluir el uso de apantallamiento u otras soluciones técnicas.

#### *1.9.8.2 Medición de campos magnéticos: Métodos, Normas y Control por la Administración*

Para asegurar que los campos magnéticos generados por instalaciones de alta



tensión no sobrepasan los límites máximos permitidos, la Administración pública con competencia en esta materia puede exigir al titular de la instalación que realice mediciones de campos magnéticos. Estas mediciones deben ser llevadas a cabo por organismos de control debidamente autorizados o laboratorios que estén acreditados para realizar mediciones magnéticas. Estas medidas deben realizarse en condiciones de funcionamiento con carga, y referirse al caso más desfavorable, es decir, a los valores máximos previstos de corriente.

Es importante destacar que las mediciones de campos magnéticos deben llevarse a cabo en condiciones reales de funcionamiento con carga. Esto significa que las mediciones deben realizarse cuando la instalación eléctrica está en pleno funcionamiento y operando con la máxima carga prevista.

El propósito de realizar las mediciones en estas condiciones es evaluar el escenario más desfavorable en términos de exposición a campos magnéticos

#### *1.9.9 Protección contra Incendios*

En el proceso de construcción, se implementarán las medidas de seguridad contra incendios siguiendo las pautas establecidas en el apartado 5.1 del ITC-RAT 14, así como las directrices del Documento Básico DB-SI "Seguridad en caso de Incendio" del Código Técnico de la Edificación. Además, se cumplirán todas las regulaciones y requisitos establecidos en las Ordenanzas Municipales correspondientes a cada ubicación específica.

##### *1.9.9.1 Extintores móviles*

Dado que se dispone de personal itinerante encargado del mantenimiento y supervisión de estas instalaciones, se requerirá que estos empleados tengan, como mínimo, dos extintores con una eficacia mínima de 89B en sus vehículos. Por lo tanto, no será necesario instalar extintores en los Centros de Transformación.

#### *1.9.10 Ventilación*

El sistema de ventilación del transformador se basa en una ventilación natural y consta de dos rejillas situadas en las puertas del propio transformador. Estas rejillas desempeñan un doble papel al permitir la refrigeración del transformador y, al mismo tiempo, evitar que entre agua en el Centro de Transformación. Ambas puertas o rejillas son articuladas y pueden abrirse gracias a bisagras. Además, cuentan con un

mecanismo de accionamiento que, cuando se asegura con un candado, garantiza un acceso seguro al transformador.

La ubicación y dimensiones de las rejillas de ventilación se ajustan según lo especificado en la norma informativa FNH003, que se refiere a Centros de Transformación prefabricados de hormigón tipo rural bajo poste.

#### *1.9.11 Insonorización y medidas anti vibraciones*

Con el fin de controlar y mitigar el ruido generado por las instalaciones de alta tensión, se llevará a cabo un dimensionamiento y diseño adecuados. Esto se traduce en que los índices de ruido medidos en el entorno de las instalaciones deberán cumplir con los niveles de calidad acústica establecidos en el Real Decreto 1367/2007, del 19 de octubre, el cual desarrolla la Ley 37/2003 sobre el Ruido.

Además se deberán tener en cuenta las regulaciones específicas de las comunidades autónomas y las ordenanzas municipales. En caso de que los niveles de ruido superen los límites permitidos, se deberán tomar medidas correctoras para reducir tanto la emisión de ruido como la transmisión de vibraciones. El Real Decreto 1367/2007 establece los valores límite de emisión de ruido tanto al medio ambiente exterior como a los locales colindantes del Centro de Transformación. La medición de estos niveles se llevará a cabo según las pautas del anexo IV del mencionado reglamento.

Si es necesario abordar el problema de la transmisión de vibraciones generadas por los transformadores, se podrán instalar amortiguadores de baja frecuencia en cada punto de apoyo.

#### *1.9.12 Protección contra la contaminación*

Se tomarán las medidas siguientes:

- Las rejillas se ubicarán preferentemente en la cara que no esté directamente expuesta a los vientos dominantes que puedan traer contaminación. En caso de que no sea posible esta disposición, se instalarán cortavientos apropiados para proteger las rejillas de ventilación.
- Se tomarán medidas para proteger los terminales de los cables de baja tensión y las bornas de BT tanto del transformador como del cuadro de BT. Estos elementos serán resguardados mediante envolventes aislantes.

### *1.9.13 Señalización y material de seguridad*

Los Centros de Transformación (CT) estarán equipados con los siguientes elementos de señalización y seguridad:

- Las puertas de acceso estarán provistas de carteles que llevarán la señal triangular distintiva de riesgo eléctrico. Estos carteles seguirán las dimensiones y colores especificados en la recomendación AMYS 1.4-10, modelo CE-14.
- El cuadro de BT también llevará la señal triangular distintiva de riesgo eléctrico en forma de adhesivo.
- En caso de que exista el riesgo de tensión de retorno, se instalará la señal CR-14 C de Peligro Tensión de Retorno.
- En un lugar visible del interior del CT, se colocará un cartel con las instrucciones de primeros auxilios a seguir en caso de accidente. Este cartel contendrá información sobre la respiración boca a boca y el masaje cardíaco. Su tamaño será como mínimo de acuerdo a la norma UNE A-3

### **1.10 Planificación**

En un primer paso, un equipo de trabajadores se encargará de llevar a cabo las excavaciones necesarias tanto para las cimentaciones de la línea eléctrica como para el centro de transformación. Una vez que las excavaciones estén terminadas, se llevará a cabo un periodo de 3 días en los cuales el técnico encargado verificará que las excavaciones cumplen con los requisitos necesarios antes de proceder a la colocación de las cimentaciones.

Después de la colocación de las cimentaciones, se requerirá un período de 28 días, que es el tiempo estimado para que el hormigón adquiera la resistencia nominal necesaria.

Posteriormente, se iniciará la instalación de los apoyos. Se estima que un equipo compuesto por 3 obreros puede instalar un apoyo en aproximadamente 3 horas, incluyendo la colocación de los aisladores y las puestas a tierra necesarias. Con un equipo de 15 trabajadores y la ayuda de 2 grúas con sus respectivos operadores, se estima que se pueden instalar alrededor de 10 apoyos por día laborable. Este proceso tomará aproximadamente 4 días hábiles.

Simultáneamente, se llevará a cabo la instalación del centro de transformación.

Una vez que los apoyos estén instalados, se procederá a la colocación de los conductores. En total, se necesitarán 3 conductores para la línea eléctrica. Estimando que un equipo de 3 trabajadores puede instalar los conductores en un apoyo en unas 2 horas, y considerando que habrá 15 trabajadores disponibles al mismo tiempo, se espera que esta fase tome alrededor de 2 días laborables.

Por último, realizamos la conexión de la línea con el centro de transformación, quedando la instalación preparada para su puesta en funcionamiento.

# **2 ANEXO DE CÁLCULOS DE LA LÍNEA**

## 2.1 Cálculos Eléctricos

La reactancia kilométrica de la línea viene dada por la siguiente ecuación.

$$X_K = \omega L_K = 2\pi f L_K$$

(1)

En donde:

$X_K$ : Reactancia kilométrica de la línea en  $\Omega/\text{km}$ .

$\omega$ : Pulsación de la corriente eléctrica.

$L_K$ : Coeficiente de autoinducción por kilómetro de línea en H/km.

$f$ : Frecuencia de la red en Hz.

Para calcular el coeficiente de autoinducción por kilómetro de la línea utilizamos la expresión.

$$L_K = \frac{1}{n_{cir}} * \left[ \frac{\mu}{2 * n} + 4,605 * \log_{10} \frac{DMG}{r_{eq}} \right] * 10^{-4}$$

(2)

En donde:

$L_K$ : Coeficiente de autoinducción por kilómetro de línea en H/km.

$n_{cir}$ : Número de circuitos de la línea.

$\mu$ : Permeabilidad magnética del conductor. Que para el cobre, aluminio, aluminio-acero tiene un valor de 1.

$n$ : Número de conductores por fase.

$DMG$ : Separación media geométrica en milímetros.

$r_{eq}$ : Radio equivalente del conductor en milímetros.

### 2.1.1 Intensidad máxima admisible en el conductor

De acuerdo con el punto 4.2.1 de la ITC-LAT 07, para el conductor utilizado en la presente línea eléctrica de sección 116,20 mm<sup>2</sup> la densidad máxima de corriente permitida es de 2,737 A/mm<sup>2</sup>. Por tanto la intensidad máxima admitida por el conductor se obtendrá mediante la ecuación.

$$I_{M\acute{a}x.} = \delta * S$$

(3)

En donde:

- $i_{M\acute{a}x.}$ : Intensidad máxima soportada por el conductor por límite térmico en amperios.
- $\delta$ : Densidad máxima de corriente en A/mm<sup>2</sup>.
- $S$ : Sección del conductor en milímetros.

### 2.1.2 Caída de tensión

La caída de tensión por resistencia y reactancia de la línea, despreciando la capacidad viene dada por:

$$\Delta V = I [R_K \cos(\varphi) + X_K \sin(\varphi)] L$$

(4)

En donde:

- $\Delta V$ : Caída de tensión en voltios.
- $I$ : Intensidad de la línea en A.
- $R_K$ : Resistencia kilométrica de la línea en  $\Omega$ /km.
- $X_K$ : Reactancia kilométrica de la línea en  $\Omega$ /km.
- $\varphi$ : Factor de potencia.
- $L$ : Longitud de la línea en km.

### 2.1.3 Potencia máxima a transportar

#### 2.1.3.1 Potencia máxima por intensidad máxima admisible en el conductor

Para calcular la potencia que máxima que se puede transportar por la línea por intensidad se utilizará el valor de intensidad máxima obtenido según el apartado 2.1.1, ecuación (3) del presente anexo, por tanto para calcular la potencia aparente se utilizará la expresión:

$$S_{M\acute{a}x} = \sqrt{3} * I_{M\acute{a}x} * V$$

(5)

En donde:

- $S_{M\acute{a}x.}$ : Potencia aparente máxima por límite térmico en kVA.
- $I_{M\acute{a}x.}$ : Intensidad máxima soportada por el conductor por límite térmico en amperios.
- $V$ : Tensión eléctrica de la línea en kV.

Y para la potencia aparente:

$$P_{M\acute{a}x} = \sqrt{3} * I_{M\acute{a}x} * V * \cos(\varphi)$$

(6)

En donde:

$P_{M\acute{a}x}$ : Potencia activa máxima por límite térmico en kW.

$I_{M\acute{a}x}$ : Intensidad máxima soportada por el conductor por límite térmico en amperios.

V: Tensión eléctrica de la línea en kV.

### 2.1.3.2 Potencia máxima a transportar por caída de tensión

Para comprobar la potencia que se puede transportar con la longitud de la línea con una determinada caída de tensión. Para ello utilizaremos el momento eléctrico, que nos ofrece la siguiente ecuación.

$$P_{Max} = \frac{U^2 * u\%}{(R_K + X_k * tg(\varphi)) * L_{Linea} * 100}$$

(7)

En donde:

$P_{M\acute{a}x}$ : Potencia activa máxima por caída de tensión en kW.

U: Tensión eléctrica de la línea en kV.

u: Caída de tensión porcentual en %.

$R_K$ : Resistencia kilométrica de la línea en  $\Omega/\text{km}$ .

$X_K$ : Reactancia kilométrica de la línea en  $\Omega/\text{km}$ .

$\varphi$ : Factor de potencia.

$L_{Linea}$ : Longitud de la línea en km.

## 2.2 Cálculos Mecánicos

### 2.2.1 Cálculo mecánico de conductores

La línea se encuentra situada a una altitud máxima de 709,6 m y una mínima de 394,7 m, por tanto, de acuerdo al Reglamento vigente, nos situamos en zonas A y B.

#### 2.2.1.1 Constante de catenaria para el trazado de la línea

La constante de catenaria se define como:



$$C = \frac{T}{p}$$

(8)

Siendo:

$C$ : Constante de catenaria (m).

$T$ : Tensión mecánica (daN).

$p$ : Peso del conductor (daN/m).

La curva catenaria que se debe emplear para trazar la línea, será la que produce las máximas flechas verticales. Dependiendo de la zona, éstas serán:

| Zona | Hipótesis                                                                                     |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| A    | - Temperatura considerada con el peso propio del conductor                                    |
| B    | - Temperatura considerada con el peso propio del conductor<br>- 0° más la sobrecarga de hielo |
| C    | - Temperatura considerada con el peso propio del conductor<br>- 0° más la sobrecarga de hielo |

Tabla 5. Temperaturas a considerar según la zona

La constante menor y más vertical será la empleada para dibujar la línea eléctrica. Estas dos constantes son.

$$c_{Temp.} = \frac{T_{Temp.}}{p_{Cond}}$$

(9)

$$c_{0+H} = \frac{T_{0+H}}{S_H}$$

(10)

En donde:

$C$ : Constante de la catenaria (m).

$T_{Temp.}$ : Tensión mecánica en las condiciones de temperatura máxima (daN).

$p$ : Peso del conductor sin sobrecarga (daN/m).

$T$ : Tensión mecánica en las condiciones de 0° y la sobrecarga de hielo (daN).

$S_H$ : Peso del conductor más manguito de hielo considerado en zonas B y C (daN/m).

La menor de las constantes anteriores será la escogida, puesto que será la que produzca las tensiones más bajas y las mayores flechas. Esta constante es una primera aproximación. Después se realizarán los cálculos de la constante de catenaria real en cada vano de regulación. Este valor puede consultarse en la tabla del anexo de cálculos

Se escogerá la menor constante de las hipótesis anteriores, que por otra parte será la que produzca una curva más vertical, o más cerrada, que origina unas flechas máximas mayores y tensiones menores. Esta constante es aproximada y posteriormente se calculará la constante real en cada alineación o vano de regulación existentes en la línea. Este valor de la constante de catenaria real en cada alineación figura en la tabla del anexo de cálculos.

#### 2.2.1.2 Vano de regulación

Los apoyos de amarre y anclaje proporcionan puntos fuertes a la línea. En los tramos formados entre 2 apoyos de este tipo, encontramos apoyos de suspensión (de alineación o de ángulo), los cuales deben disponer sus cadenas totalmente verticales. Para conseguirlo, las componentes horizontales deben ser las mismas en cada uno de los vanos situado a cada lado del apoyo. Si estas componentes fueran diferentes entonces no habría equilibrio y las cadenas de suspensión quedarían desviadas de la vertical. Para conseguir este equilibrio, se considera un vano ficticio denominado vano de regulación. Este vano ficticio comprenderá todos los apoyos de suspensión que se encuentren entre 2 puntos fuertes de la línea. Entre 2 apoyos de amarre o anclaje consecutivos, el vano regulación coincide con el vano real. Con la siguiente expresión obtenemos el vano regulación:

$$a_r = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{b_i^3}{a_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{b_i^2}{a_i}} * \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n a_i^3}{\sum_{i=1}^n \frac{b_i^2}{a_i}}}$$

(11)

Siendo:

$a_r$ : Longitud del vano de regulación (m).

$b_i$ : Longitud real de cada uno de los vanos que componen el vano de regulación (m).

$a_i$ : Longitud proyectada horizontal de cada vano real que componen el vano de regulación (m).

### 2.2.1.3 Componente horizontal máxima

Una vez trazada la línea empleando la constante de catenaria obtenida de las flechas máximas, calcularemos las componentes horizontales máximas para cada alineación empleando la expresión siguiente:

$$T_0 = \frac{\left(T_A - \frac{p * |h|}{2}\right) + \sqrt{\left(T_A - \frac{p * |h|}{2}\right)^2 - \frac{b^2 * p^2}{2}}}{2 * \frac{b}{a}}$$

**(12)**

En donde:

$T_0$ : Componente horizontal máxima (daN).

$T_A$ : Tensión en el punto más elevado de fijación del conductor, correspondiente a la carga de rotura del conductor entre un coeficiente de seguridad (daN).

$a$ : Longitud proyectada horizontal del vano (m)

$b$ : Longitud real del vano (m)

$h$ : Desnivel del vano (m).

$p_z$ : Sobrecarga correspondiente a la zona de cálculo (daN/m).

Para cada uno de los vanos reales que componen el vano de regulación, se empleará esta expresión, tomando de cada alineación, el menor valor de tensión de la componente horizontal, ya que ésta será la que produzca las flechas verticales mayores.

### 2.2.1.4 Ecuación de cambio de condiciones

Se empleará la siguiente expresión para el cálculo de las tensiones en la línea:

$$\delta * a * (t - t_0) + \frac{a}{S * E} * (T - T_0) = \frac{a^3}{24} * \left(\frac{p^2}{T^2} - \frac{p_0^2}{T_0^2}\right)$$

**(13)**

En donde:

$\delta$ : Coeficiente de dilatación lineal ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ).

$a$ : Longitud proyectada horizontal del vano (m).

$t$ : Temperatura en las condiciones finales de cálculo de la tensión ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$t_0$ : Temperatura correspondiente a la zona de cálculo ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$S$ : Sección del conductor ( $\text{mm}^2$ )

- $E$ : Módulo de elasticidad (daN/mm<sup>2</sup>)
- $T$ : Componente horizontal en las condiciones finales de cálculo (daN).
- $T_0$ : Componente horizontal máxima en cada alineación (daN).
- $p$ : Peso del conductor en las condiciones finales de cálculo (daN/m).
- $p_0$ : Sobrecarga correspondiente a la zona de cálculo (daN/m).

Operando con la ecuación de cambio de condiciones se puede obtener otra ecuación que permita el cálculo de la tensión buscada, como resultado se obtiene la siguiente ecuación.

$$T^2 * (T + A) = B$$

(14)

Los coeficientes A y B se pueden obtener de la ecuación de cambio de condiciones aplicando las siguientes expresiones.

$$A = \delta * (t - t_0) * S * E - T_0 + \frac{a^2 * p_0^2}{24 * T_0^2} * S * E$$

(15)

$$B = \frac{a^2 * p^2}{24} * S * E$$

(16)

Resolviendo la ecuación de cúbica, obtenemos tres soluciones, dos imaginarias conjugadas y una tercera real que se corresponderá al valor de la tensión en las condiciones de cálculo buscadas.

#### 2.2.1.5 Cálculo de flechas

Para el cálculo de flechas se utiliza la longitud real del vano, la ecuación que permite el cálculo de la flecha se obtiene a partir del desarrollo en serie por la fórmula de Mac Laurin de la función.

$$y = c * ch \frac{x}{c}$$

(17)

En donde:

- $X$ : Longitud (m).
- $C$ : Constante de la catenaria.

Desarrollando esta ecuación por Mac Laurin hasta el tercer término se obtiene la expresión a utilizar para el cálculo de flechas en las hipótesis de cálculo requeridas y cuya forma es.

$$f = \frac{a * b * p}{8 * T} * \left( 1 + \frac{a^2 * p^2}{48 * T^2} \right)$$

**(18)**

En donde:

- $f$ : Valor de la flecha (m).  
 $p$ : Peso del conductor en la hipótesis de cálculo (daN/m).  
 $a$ : Longitud proyectada horizontal del vano (m).  
 $b$ : Longitud real del vano en (m).  
 $T$ : Valor de la tensión en las condiciones de cálculo (daN).

El resumen de cálculos de tensiones y flechas, tanto para las hipótesis Reglamentarias, como para la tabla de tendido, figuran en las tablas del anexo de cálculos.

### 2.2.2 Cálculo mecánico de los apoyos

Se deberá obtener el esfuerzo equivalente dirigido según el eje de simetría del apoyo que produzca el mismo esfuerzo aplicado sobre el montante más cargado. Este esfuerzo equivalente se puede calcular con la siguiente expresión.

$$F = F' \left( \cos(\alpha) + \frac{d_1}{d_2} \sin(\alpha) \right) = F'_X + \frac{d_1}{d_2} F'_Y$$

**(19)**

En donde:

- $F$ : Esfuerzo equivalente en la dirección del eje de simetría (daN).  
 $F'$ : Esfuerzo actuante que no se encuentra en la dirección del eje de simetría (daN).  
 $d_1$  y  $d_2$ : Distancia entre perfiles en las caras del apoyo (m).  
 $F'_X$  y  $F'_Y$ : Componentes del esfuerzo en los ejes de simetría del apoyo (daN).  
 $\alpha$ : Ángulo formado por el esfuerzo con el eje de simetría (°).

En nuestro diseño, se emplean apoyos metálicos de sección cuadrada, en los cuales  $d_1$  es igual a  $d_2$ , por tanto la ecuación anterior queda.

$$F = F'_X + F'_Y$$

**(20)**

### 2.2.2.1 Esfuerzos verticales que actúan sobre los apoyos

Para el cálculo de las cargas verticales se deberán distinguir dos hipótesis, la de viento y la de hielo, y la opcional de viento y hielo combinadas en líneas de categoría no especial y obligatoria en las de categoría especial, por tanto para cada una de ellas utilizaremos una ecuación diferente.

La ecuación de viento se utilizará en todas las hipótesis de cálculo de apoyos en la zona A y la primera hipótesis de las zonas B y C. Por el contrario la ecuación correspondiente a la hipótesis de hielo se utilizará para el cálculo de las hipótesis 2ª, 3ª y 4ª de las hipótesis de cálculo de apoyos reglamentarias para las zonas B y C.

Si la hipótesis de viento más hielo está presente, se utilizará en la segunda correspondiente en las zonas B y C, en las 3ª y 4ª de las líneas de categoría especial.

Veamos las ecuaciones a utilizar en el cálculo de las cargas verticales o permanentes que gravitan sobre el apoyo.

#### 2.2.2.1.1 Hipótesis de viento

$$V_{Viento} = p * \left( \frac{a_1 + a_2}{2} + c_v * [tg(n_1) \pm tg(n_2)] \right) + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(21)

Siendo:

|                |                                                                                                                                                                                               |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $V_{Viento}$ : | Cargas verticales por conductor y fase (daN).                                                                                                                                                 |
| $p$ :          | Peso del conductor (daN/m).                                                                                                                                                                   |
| $a_1$ :        | Longitud proyectada del vano anterior al apoyo (m).                                                                                                                                           |
| $a_2$ :        | Longitud proyectada del vano posterior al apoyo (m).                                                                                                                                          |
| $C_v$ :        | Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07. |
| $n_1$ :        | Pendiente del vano anterior.                                                                                                                                                                  |
| $n_2$ :        | Pendiente del vano posterior.                                                                                                                                                                 |
| $P_{CAD}$ :    | Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.                                                                                                                                 |
| $N_{CAD}$ :    | Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.                                                                                                                              |

Para las condiciones de cálculo de la hipótesis de viento, la ecuación de la constante de catenaria queda:

$$C_V = \frac{T_V}{p_V}$$

(22)

En donde:

$C_V$ : Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07.

$T_V$ : Componente horizontal de la tensión a la temperatura de -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07.

$p_V$ : *Sobrecarga del conductor en las condiciones de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07.*

El valor de la sobrecarga debida a la acción del viento se obtiene:

$$p_V = \sqrt{p^2 + (v * d)^2}$$

(23)

Siendo:

$p_V$ : Sobrecarga de viento (daN/m).

$p$ : Peso por metro lineal del conductor (daN/m).

$v$ : Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

$d$ : Diámetro del conductor (m).

Para el cálculo de las dos tangentes utilizaremos las siguientes expresiones:

$$tg(n_1) = \frac{h_1}{a_1}$$

(24)

$$tg(n_2) = \frac{h_2}{a_2}$$

(25)

En donde:

$a_1$ : Longitud proyectada del vano anterior al apoyo (m).

$a_2$ : Longitud proyectada del vano posterior al apoyo (m).

$h_1$ : Desnivel del vano anterior al apoyo (m).

$h_2$ : Desnivel del vano posterior al apoyo (m).

#### 2.2.2.1.2 Hipótesis de hielo

$$V_{Hielo} = p_H * \frac{a_1 + a_2}{2} + T_H * [tg(n_1) \pm tg(n_2)] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(26)

Siendo:

$V_{Hielo}$ : Cargas verticales por conductor y fase (daN).

$p_h$ : Peso del conductor más la sobrecarga de hielo según zona de cálculo (daN/m).

$a_1$ : Longitud proyectada del vano anterior al apoyo (m).

$a_2$ : Longitud proyectada del vano posterior al apoyo (m).

$T_0$ : Componente horizontal máxima de la tensión (daN).

$n_1$ : Pendiente del vano anterior.

$n_2$ : Pendiente del vano posterior.

$P_{CAD}$ : Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo (daN).

$N_{CAD}$ : Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

El cálculo de la sobrecarga de hielo se obtiene utilizando las siguientes expresiones para las zonas B y C.

$$p_H = p + M_H * \sqrt{d}$$

(27)

Siendo:

$p_h$ : Peso del conductor más la sobrecarga de hielo según zona de cálculo (daN/m).

$p$ : Peso del conductor (daN/m).

$M_H$ : Manguito de hielo mínimo según zona (daN). Tendrá un valor mínimo de 0,18 daN/m en zona B, y 0,36 daN/m en zona C

$d$ : Diámetro del conductor (mm).

#### 2.2.2.2 Esfuerzos producidos por la acción de los conductores sobre los apoyos

##### 2.2.2.2.1 Esfuerzo del viento

El esfuerzo del viento sobre los conductores de la línea eléctrica se considera que actúa en la dirección perpendicular a esta, la ecuación que permite el cálculo es:



$$E_V = \frac{a_1 + a_2}{2} * v * d + E_{VCAD} * N_{CAD}$$

(28)

En donde:

$E_V$ : Esfuerzo del viento sobre los conductores (daN).

$d$ : Diámetro del conductor en (m).

$v$ : Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

$a_1$ : Longitud proyectada del vano anterior al apoyo (m).

$a_2$ : Longitud proyectada del vano posterior al apoyo (m).

$E_{VCAD}$ : Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores (daN).

$N_{CAD}$ : Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

Esta expresión no es válida para apoyos de ángulo, puesto que la acción del viento no se produce en la dirección perpendicular a la línea, sino en la dirección de la bisectriz del ángulo que forma la línea. Para solucionarlo, emplearemos un coeficiente corrector, quedando de la siguiente manera:

$$E_V = \frac{a_1 + a_2}{2} * v * d * \cos\left(\frac{\beta - \alpha}{2}\right) + E_{VCAD} * N_{CAD}$$

(29)

Siendo:

$E_V$ : Esfuerzo del viento sobre los conductores de la línea (daN).

$d$ : Diámetro del conductor (m).

$v$ : Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

$a_1$ : Longitud proyectada del vano anterior al apoyo (m).

$a_2$ : Longitud proyectada del vano posterior al apoyo (m).

$\beta$ : Valor del ángulo llano, si se utilizan grados sexagesimales le corresponderá un valor de 180 y si se utilizan grados centesimales le corresponderá un valor de 200.

$\alpha$ : Ángulo interno formado por las dos alineaciones.

$E_{VCAD}$ : Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

$N_{CAD}$ : Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

#### 2.2.2.2.2 Desequilibrio de tracciones

El desequilibrio de tracciones actúa en la dirección de la línea y se calcula mediante:

$$D_T = \%P * T$$

**(30)**

En donde:

$D_T$ : Esfuerzo producido por el desequilibrio de tracciones (daN).

$\%P$ : Porcentaje de cálculo según Reglamento en su ITC-LAT 07 en su apartado 3.1.4, este porcentaje será del 8% para tensiones inferiores o iguales a 66 kV y 15% para tensiones superiores a 66 kV en apoyos de alineación y ángulo con cadenas de suspensión, 15% para tensiones inferiores o iguales a 66 kV y 25% para tensiones superiores a 66 kV en apoyos de alineación y ángulo con cadenas de amarre, 100% para apoyos de final/principio de línea y 50% para apoyos de anclaje.

$T_0$ : Componente horizontal máxima de la tensión (daN).

Los apoyos de amarre y anclaje, tanto en alineación como ángulo dividen dos alineaciones sucesivas de la línea por lo cual en cada uno de sus lados existe una componente horizontal diferente de la tensión, de esta forma el criterio de cálculo seguido en estos tipos de apoyos es utilizar en la ecuación anterior el valor de la componente horizontal de la tensión máxima mayor de las dos alineaciones anterior y posterior al apoyo en cuestión, obteniendo así el esfuerzo mayor que se podría producir por desequilibrio de tracciones.

Esta ecuación solo es válida para apoyos metálicos de sección cuadrada que son los utilizados en esta línea.

#### 2.2.2.2.3 Rotura de conductores

Se puede prescindir del cálculo del esfuerzo de torsión de rotura de conductores para los apoyos de suspensión y amarre, si se cumplen las condiciones de la ITC-LAT 07 en su punto 3.5.3. Por el contrario siempre se calculan para los apoyos de anclaje y final/principio de línea.

Como indica el Reglamento en su ITC-LAT 07 apartado 3.1.5, se deberá calcular el esfuerzo de torsión producido por la rotura de un conductor. Emplearemos la siguiente expresión.

$$R_C = \%P * T_0$$

**(31)**

En donde:

$R_C$ : Esfuerzo de torsión producido por la rotura de conductores (daN).

$P$ : Porcentaje de cálculo según Reglamento en su ITC-LAT 07 en su apartado 3.1.4, este porcentaje será del 100% para apoyos de final/principio de línea, 100% para apoyos de anclaje, 100% para apoyos de amarre y 50% para apoyos de suspensión de ángulo o alineación.

$T_0$ : Componente horizontal máxima de la tensión (daN).

#### 2.2.2.2.4 Resultante de ángulo

En los apoyos de ángulo es necesario calcular la resultante de ángulo para las hipótesis 1ª y 2ª, correspondiente a las condiciones de viento, hielo y en caso de estar presente en viento más hielo. También será necesario en la 3ª y 4ª hipótesis. Las ecuaciones de cálculo de la resultante de ángulo son las siguientes.

##### 2.2.2.2.4.1 Hipótesis de viento

Se empleará en la 1ª hipótesis de la zona A, B y C, así como en la 3ª y 4ª hipótesis de la zona A. La ecuación es la siguiente.

$$R_{AV} = \sqrt{\left[ (T_{V1} + T_{V2}) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right]^2 + \left[ (T_{V1} - T_{V2}) * \sen\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right]^2}$$

**(32)**

Siendo:

$R_{AV}$ : Resultante de ángulo en las condiciones de viento (daN).

$T_V$ : Componente horizontal de la tensión a la temperatura de -5°C, -10°C y -15°C, como mínimo en zonas A, B y C respectivamente, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en los vanos de regulación anterior y posterior identificados con el subíndice 1 y 2 respectivamente.

$\alpha$ : Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

##### 2.2.2.2.4.2 Hipótesis de hielo

Será aplicable en la 2ª hipótesis de hielo en las zonas B y C, así como en la 3ª y 4ª hipótesis en líneas de categoría no especial en zonas B y C.

$$R_{AH} = \sqrt{\left[(T_{H1} + T_{H2}) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 + \left[(T_{H1} - T_{H2}) * \sen\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}$$

**(33)**

En donde:

$R_{AH}$ : Resultante de ángulo en las condiciones de hielo (daN).

$T_H$ : Componente horizontal de la tensión bajo las condiciones de temperatura  $-15^{\circ}\text{C}$  como mínimo y sobrecarga debida al hielo según zona para la zona B, y  $-20^{\circ}\text{C}$  como mínimo y sobrecarga debida al hielo según zona para la zona C en daN, en los vanos de regulación anterior y posterior identificados con el subíndice 1 y 2 respectivamente.

$\alpha$ : Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

#### 2.2.2.2.5 Desviación de la cadena de aisladores en apoyos de alineación-suspensión por la acción del viento

Para evitar que los conductores y sus partes en tensión no sobrepasen la distancia mínima a los apoyos, será necesario calcular el ángulo máximo de desviación de las cadenas de aisladores de suspensión bajo la acción del viento. Se considera, según ITC-LAT 07 apartado 5.4.2 del Reglamento una presión debida a la mitad de la acción del viento

Para su cálculo, se considerará según ITC-LAT 07 apartado 5.4.2 del Reglamento una presión debida a la mitad de la acción del viento. La ecuación es la siguiente:

$$\tan(\gamma) = \frac{\frac{v}{2} * d * \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{E_{VCad}}{2}}{p * \frac{a_1 + a_2}{2} + T_{VM} * (\tan(n_1) - \tan(n_2)) + \frac{P_{Cad}}{2}}$$

**(34)**

En donde:

$\gamma$ : Ángulo de desviación de la cadena de aisladores en apoyos de alineación bajo la acción del viento.

$d$ : Diámetro del conductor en m.

$v$ : Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1. Este valor será de  $60 \text{ daN/m}^2$  para conductores con un diámetro igual o inferior a 16 mm y  $50 \text{ daN/m}^2$  para conductores con un diámetro superior a 16 mm.

$a_1$ : Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

$a_2$ : Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

$T_{VM}$ : Componente horizontal de la tensión en las condiciones de temperatura de  $-5^{\circ}\text{C}$ ,  $-10^{\circ}\text{C}$  y  $-15^{\circ}\text{C}$ , para las zonas A, B y C respectivamente y sobrecarga debida a la mitad de la presión del viento, con una velocidad de 120 km/h en daN.

$p$ : Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

$n_1$ : Pendiente del vano anterior.

$n_2$ : Pendiente del vano posterior.

$P_{CAD}$ : Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

$E_{Vcad}$ : Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

### 2.2.2.3 Cálculo de los esfuerzos que actúan sobre los apoyos

A continuación se tratará el cálculo de los apoyos con sus diferentes hipótesis según fija el Reglamento en su ITC-LAT 07 apartado 3.5.3.

#### 2.2.2.3.1 Apoyo de alineación-suspensión

##### 2.2.2.3.1.1 1ª hipótesis viento

La 1ª hipótesis de cálculo es la misma para las tres zonas de cálculo. En primer lugar las tablas de la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3, obliga al cálculo de los verticales, deberemos utilizar la ecuación de que permite el cálculo de estas cargas en las condiciones de viento y temperatura de  $-5^{\circ}\text{C}$ ,  $-10^{\circ}\text{C}$  y  $-15^{\circ}\text{C}$ , respectivamente en las zonas A, B y C, dicha ecuación es la siguiente.

$$V = p * \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + C_V * (\tan(n_1) - \tan(n_2)) \right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(35)

En donde:

$V$ : Cargas verticales por conductor y fase en daN.

$p$ : Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

$a_1$ : Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

$a_2$ : Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

$C_V$ : Constante de catenaria en las condiciones de temperatura  $-5^{\circ}\text{C}$ ,  $-10^{\circ}\text{C}$  y  $-15^{\circ}\text{C}$ , en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07.

$n_1$ : Pendiente del vano anterior.

$n_2$ : Pendiente del vano posterior.

$P_{CAD}$ : Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

$N_{CAD}$ : Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

Para los esfuerzos transversales, la primera hipótesis indica que se debe calcular el esfuerzo correspondiente a la acción del viento sobre conductores y cadena de aisladores:

$$T = d * v * \frac{a_1 + a_2}{2} + E_{VCAD} * N_{CAD}$$

(36)

En donde:

$T$ : Esfuerzo transversal en daN.

$d$ : Diámetro del conductor en m.

$v$ : Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

$a_1$ : Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

$a_2$ : Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

$E_{VCAD}$ : Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

$N_{CAD}$ : Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

#### 2.2.2.3.1.2 2ª hipótesis hielo

Esta hipótesis solo se calculará para las zonas B y C. Para los apoyos de alineación solo será necesario calcular el valor del esfuerzo vertical, ya que tanto el esfuerzo transversal como el longitudinal no se aplican en esta hipótesis, como se indica en la tabla de la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3 del Reglamento, por tanto:

$$V = \left[ p_H * \frac{a_1 + a_2}{2} + T_H * (\tan(n_1) - \tan(n_2)) \right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(37)

En donde:

$V$ : Cargas verticales por conductor y fase en daN.

$p_h$ : Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

|                                                                                     |                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| $a_1$ :                                                                             | Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.                    |
| $a_2$ :                                                                             | Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.                   |
| $T_H$ :                                                                             | Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en daN. |
| $n_1$ :                                                                             | Pendiente del vano anterior.                                            |
| $n_2$ :                                                                             | Pendiente del vano posterior.                                           |
| $P_{CAD}$ :                                                                         | Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.           |
| $N_{CAD}$ :                                                                         | Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.        |
| Los esfuerzos transversal y longitudinal no aplican para esta hipótesis de cálculo. |                                                                         |

#### 2.2.2.3.1.3 3ª hipótesis desequilibrio de tracciones

Se calculará en las tres zonas de cálculo, pero con valores de temperatura y sobrecarga diferentes en cada una de ellas.

En primer lugar el Reglamento obliga a calcular el esfuerzo vertical, para la zona A de cálculo se procederá como para la 1ª hipótesis de cálculo, por el contrario para las zonas B y C se procederá como para la 2ª hipótesis de cálculo correspondiente a las condiciones de hielo..

En esta 3ª hipótesis, se debe calcular el esfuerzo correspondiente al desequilibrio de tracciones, correspondiente al esfuerzo longitudinal. El porcentaje que fija el Reglamento ITC-LAT 07 3.1.4.1, cuyo valor es el 8% para líneas con tensión nominal igual o inferior a 66 kV:

$$L = \frac{8}{100} * T_0$$

**(38)**

En donde:

$L$ : Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

$T_0$ : Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

#### 2.2.2.3.1.4 4ª hipótesis rotura de conductores

Se puede prescindir de la 4ª hipótesis en las líneas de tensión nominal hasta 66 kV según la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3 del Reglamento cumpliendo las siguientes condiciones.

- Carga de rotura del conductor inferior a 6600 daN.
- Que los conductores tengan un coeficiente de seguridad de tres 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 cada tres kilómetros como máximo.

En este caso, se cumplen todas, sin embargo, de no cumplirse alguna de estas premisas, o bien cumpliéndose todas y optar por el cálculo de la 4ª hipótesis, el esfuerzo será correspondiente al longitudinal y se deberá realizar su cálculo de acuerdo a la siguiente expresión, con un porcentaje de cálculo del 50 por ciento:

$$L = \frac{50}{100} * T_0$$

**(39)**

En donde:

$L$ : Esfuerzo longitudinal producido por la rotura de conductores en daN.

$T_0$ : Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo. Y el vertical será el mismo que para la tercera hipótesis.

#### 2.2.2.3.2 Apoyo de alineación-amarre

##### 2.2.2.3.2.1 1ª hipótesis viento

La 1ª hipótesis de cálculo es común a las tres zonas de cálculo. En primer lugar las tablas de la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3, obliga al cálculo de los verticales, deberemos utilizar la ecuación de que permite el cálculo de estas cargas en las condiciones de viento y temperatura de  $-5^{\circ}\text{C}$ ,  $-10^{\circ}\text{C}$  y  $-15^{\circ}\text{C}$ , respectivamente en las zonas A, B y C, dicha ecuación es la siguiente.

$$V = p * \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + C_{V1} * \tan(n_1) - C_{V2} * \tan(n_2) \right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

**(40)**

En donde:

$V$ : Cargas verticales por conductor y fase en daN.

$p$ : Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

$a_1$ : Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

$a_2$ : Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

$C_{V1}$ : Constante de catenaria en las condiciones de temperatura  $-5^{\circ}\text{C}$ ,  $-10^{\circ}\text{C}$  y  $-15^{\circ}\text{C}$ , en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el



apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación anterior.

$C_{V2}$ : Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación posterior.

$n_1$ : Pendiente del vano anterior.

$n_2$ : Pendiente del vano posterior.

$P_{CAD}$ : Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

$N_{CAD}$ : Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En cuanto a esfuerzos transversales, la primera hipótesis indica que se debe calcular el esfuerzo correspondiente a la acción del viento sobre conductores y cadena de aisladores, para ello se utilizará la ecuación que se expone seguidamente.

$$T = d * v * \frac{a_1 + a_2}{2} + E_{VCAD} * N_{CAD}$$

(41)

En donde:

$T$ : Esfuerzo transversal en daN.

$d$ : Diámetro del conductor en m.

$v$ : Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

$a_1$ : Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

$a_2$ : Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

$E_{VCAD}$ : Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

$N_{CAD}$ : Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

#### 2.2.2.3.2.2 2ª hipótesis hielo

Esta hipótesis solo se calculará para las zonas B y C. Para los apoyos de alineación solo será necesario calcular el valor del esfuerzo vertical, ya que tanto el esfuerzo transversal como el longitudinal no se aplican en esta hipótesis, como se indica en la tabla de la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3 del Reglamento, por tanto en este caso se utilizará la ecuación correspondiente a la hipótesis de hielo y que es la siguiente.

$$V = \left[ p_H * \frac{a_1 + a_2}{2} + T_{H1} * \tan(n_1) - T_{H2} * \tan(n_2) \right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(42)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

$p_h$ : Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

$a_1$ : Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

$a_2$ : Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

$T_{H1}$ : Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación anterior en daN.

$T_{H2}$ : Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación posterior en daN.

$n_1$ : Pendiente del vano anterior.

$n_2$ : Pendiente del vano posterior.

$P_{CAD}$ : Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

$N_{CAD}$ : Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

El esfuerzo transversal y longitudinal no aplican para esta hipótesis de cálculo.

#### 2.2.2.3.2.3 3ª hipótesis desequilibrio de tracciones

La hipótesis de desequilibrio de tracciones se deberá calcular en las tres zonas de cálculo, pero con valores de temperatura y sobrecarga diferente en cada una de ellas.

En primer lugar el Reglamento obliga a calcular el esfuerzo vertical, para la zona A de cálculo se procederá como para la 1ª hipótesis de cálculo, por el contrario para las zonas B y C se procederá como para la 2ª hipótesis de cálculo correspondiente a las condiciones de hielo para líneas de categoría no especial y la 2ª de viento mas hielo en líneas de categoría especial.

En esta 3ª hipótesis de cálculo se deberá calcular es esfuerzo correspondiente al desequilibrio de tracciones, correspondiente al esfuerzo longitudinal. El porcentaje que fija el Reglamento ITC-LAT 07 3.1.4.2, cuyo valor es el 15% para líneas con tensión nominal igual o inferior a 66 kV, y el 25% para líneas con tensión superior a 66 kV, por tanto el esfuerzo resultante por desequilibrio de tracciones para apoyos de alineación será, para el primer tipo de líneas:

$$L = \frac{15}{100} * T_0$$

(43)

En donde:

$L$ : Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

$T_0$ : Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

Y para el segundo tipo:

$$L = \frac{25}{100} * T_0$$

**(44)**

En donde:

$L$ : Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

$T_0$ : Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

#### 2.2.2.3.2.4 4ª hipótesis rotura de conductores

Se puede prescindir de la 4ª hipótesis en las líneas de tensión nominal hasta 66 kV según la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3 del Reglamento cumpliendo las siguientes condiciones.

- Carga de rotura del conductor inferior a 6600 daN.
- Que los conductores tengan un coeficiente de seguridad de tres 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 cada tres kilómetros como máximo.

En la línea proyectada, cumplimos todas estos requisitos. De no cumplirse alguna de estas premisas, o bien cumpliéndose todas y optar por el cálculo de la 4ª hipótesis, el esfuerzo será correspondiente al longitudinal y se deberá realizar su cálculo de acuerdo a la siguiente expresión, con un porcentaje de cálculo del 50 por ciento:

$$L = T_0$$

**(45)**

En donde:

$L$ : Esfuerzo longitudinal producido por la rotura de conductores en daN.

$T_0$ : Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo. Y el vertical será el mismo que para la tercera hipótesis.

### 2.2.2.3.3 Apoyo de alineación-anclaje

#### 2.2.2.3.3.1 1ª hipótesis viento

La 1ª hipótesis de cálculo es común a las tres zonas de cálculo. En primer lugar las tablas de la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3, obliga al cálculo de los verticales, deberemos utilizar la ecuación de que permite el cálculo de estas cargas en las condiciones de viento y temperatura de -5°C, -10°C y -15°C, respectivamente en las zonas A, B y C, dicha ecuación es la siguiente.

$$V = p * \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + C_{V1} * \tan(n_1) - C_{V2} * \tan(n_2) \right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(46)

En donde:

- V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.
- p: Peso por metro lineal del conductor en daN/m.
- a<sub>1</sub>: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.
- a<sub>2</sub>: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.
- C<sub>V1</sub>: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación anterior.
- C<sub>V2</sub>: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación posterior.
- n<sub>1</sub>: Pendiente del vano anterior.
- n<sub>2</sub>: Pendiente del vano posterior.
- P<sub>CAD</sub>: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.
- N<sub>CAD</sub>: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En cuanto a esfuerzos transversales, la primera hipótesis indica que se debe calcular el esfuerzo correspondiente a la acción del viento sobre conductores y cadena de aisladores, para ello se utilizará la ecuación que se expone seguidamente.

$$T = d * v * \frac{a_1 + a_2}{2} + E_{VCAD} * N_{CAD}$$

(47)

En donde:

$T$ : Esfuerzo transversal en daN.

$d$ : Diámetro del conductor en m.

$v$ : Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

$a_1$ : Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

$a_2$ : Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

$E_{VCAD}$ : Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

$N_{CAD}$ : Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

#### 2.2.2.3.3.2 2ª hipótesis hielo

Esta hipótesis solo se calculará para las zonas B y C ya que en la zona A no estar presente el hielo. Para los apoyos de alineación solo será necesario calcular el valor del esfuerzo vertical, ya que tanto el esfuerzo transversal como el longitudinal no se aplican en esta hipótesis, como se indica en la tabla de la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3 del Reglamento, por tanto en este caso se utilizará la ecuación correspondiente a la hipótesis de hielo y que es la siguiente.

$$V = \left[ p_H * \frac{a_1 + a_2}{2} + T_{H1} * \tan(n_1) - T_{H2} * \tan(n_2) \right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(48)

En donde:

$V$ : Cargas verticales por conductor y fase en daN.

$p_h$ : Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

$a_1$ : Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

$a_2$ : Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

$T_{H1}$ : Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación anterior en daN.

$T_{H2}$ : Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación posterior en daN.

$n_1$ : Pendiente del vano anterior.

$n_2$ : Pendiente del vano posterior.

$P_{CAD}$ : Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

$N_{CAD}$ : Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

El esfuerzo transversal y longitudinal no aplican para esta hipótesis de cálculo.

#### 2.2.2.3.3.3 3ª hipótesis desequilibrio de tracciones

La hipótesis de desequilibrio de tracciones se deberá calcular en las tres zonas de cálculo, pero con valores de temperatura y sobrecarga diferente en cada una de ellas.

En primer lugar el Reglamento obliga a calcular el esfuerzo vertical, para la zona A de cálculo se procederá como para la 1ª hipótesis de cálculo, por el contrario para las zonas B y C se procederá como para la 2ª hipótesis de cálculo correspondiente a las condiciones de hielo para líneas de categoría no especial.

Para calcular el esfuerzo por desequilibrio de tracciones utilizaremos la expresión propuesta anteriormente, y que según ITC-LAT 07 apartado 3.1.4.3 del Reglamento tiene un porcentaje del 50%.

$$L = \frac{50}{100} T_0$$

(49)

En donde:

$L$ : Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

$T_0$ : Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

#### 2.2.2.3.3.4 4ª hipótesis rotura de conductores

Al contrario de lo que sucedía con los dos tipos de apoyos anteriores para los de amarre o suspensión si será necesario calcular la hipótesis de rotura de conductores en cualquiera de las tres zonas de cálculo reglamentarias. En primer lugar se tendrán que calcular los esfuerzos verticales que como en la hipótesis anterior si la línea transcurre por la zona A se calcularan igual que las correspondientes a la primera hipótesis, y como las correspondientes a la segunda hipótesis si la línea transcurre por las zonas B y C de cálculo reglamentarias, en función de si la línea es o no de categoría especial.

Según fija en la ITC-LAT 07 apartado 3.1.5.4 del Reglamento será la correspondiente a la rotura de un conductor sin reducción de esfuerzo. Por tanto la expresión de cálculo quedará.

$$L = T_0$$

(50)

En donde:

$L$ : Esfuerzo longitudinal producido por la rotura de conductores en daN.

$T_0$ : Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo. Y el vertical será el mismo que para la tercera hipótesis.

#### 2.2.2.3.4 Apoyo de ángulo-anclaje

##### 2.2.2.3.4.1 1ª hipótesis viento

La 1ª hipótesis de cálculo es común a las tres zonas de cálculo. En primer lugar las tablas de la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3, obliga al cálculo de los verticales, deberemos utilizar la ecuación de que permite el cálculo de estas cargas en las condiciones de viento y temperatura de  $-5^{\circ}\text{C}$ ,  $-10^{\circ}\text{C}$  y  $-15^{\circ}\text{C}$ , respectivamente en las zonas A, B y C, dicha ecuación es la siguiente.

$$V = p * \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + C_{V1} * \tan(n_1) - C_{V2} * \tan(n_2) \right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(51)

En donde:

$V$ : Cargas verticales por conductor y fase en daN.

$p$ : Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

$a_1$ : Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

$a_2$ : Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

$C_{V1}$ : Constante de catenaria en las condiciones de temperatura  $-5^{\circ}\text{C}$ ,  $-10^{\circ}\text{C}$  y  $-15^{\circ}\text{C}$ , en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación anterior.

$C_{V2}$ : Constante de catenaria en las condiciones de temperatura  $-5^{\circ}\text{C}$ ,  $-10^{\circ}\text{C}$  y  $-15^{\circ}\text{C}$ , en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación posterior.

$n_1$ : Pendiente del vano anterior.

$n_2$ : Pendiente del vano posterior.

$P_{CAD}$ : Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

$N_{CAD}$ : Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En cuanto a esfuerzos transversales, la primera hipótesis indica que se debe calcular el esfuerzo correspondiente a la acción del viento sobre conductores y cadena de aisladores. En este caso habrá que combinarlo con la acción de la resultante de ángulo que se produce en este tipo de apoyos, para ello se utilizará la ecuación que se expone seguidamente.

$$T = d * v * \frac{a_1 + a_2}{2} * \cos\left(\frac{\beta - \alpha}{2}\right) + E_{VCAD} * N_{CAD} + \sqrt{\left[(T_{V1} + T_{V2}) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 + \left[(T_{V1} - T_{V2}) * \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}$$

(52)

En donde:

$T$ : Esfuerzo transversal en daN.

$d$ : Diámetro del conductor en m.

$v$ : Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

$a_1$ : Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

$a_2$ : Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

$E_{VCAD}$ : Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

$N_{CAD}$ : Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

$T_{V1}$ : Componente horizontal en las condiciones de viento en el vano de regulación anterior al apoyo en daN.

$T_{V2}$ : Componente horizontal en las condiciones de viento en el vano de regulación posterior al apoyo en daN.

$\beta$ : Valor del ángulo llano, si se utilizan grados sexagesimales le corresponderá un valor de 180 y si se utilizan grados centesimales le corresponderá un valor de 200.

$\alpha$ : Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

#### 2.2.2.3.4.2 2ª hipótesis hielo

Esta hipótesis solo se calculará para las zonas B y C ya que en la zona A no estar presente el hielo. Para los apoyos de alineación solo será necesario calcular el valor del esfuerzo vertical, ya que tanto el esfuerzo transversal como el longitudinal no se aplican en esta hipótesis, como se indica en



la tabla de la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3 del Reglamento, por tanto en este caso se utilizará la ecuación correspondiente a la hipótesis de hielo y que es la siguiente.

$$V = \left[ p_H * \frac{a_1 + a_2}{2} + T_{H1} * \tan(n_1) - T_{H2} * \tan(n_2) \right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

**(53)**

En donde:

- $V$ : Cargas verticales por conductor y fase en daN.
- $p_h$ : Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.
- $a_1$ : Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.
- $a_2$ : Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.
- $T_{H1}$ : Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación anterior en daN.
- $T_{H2}$ : Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación posterior en daN.
- $n_1$ : Pendiente del vano anterior.
- $n_2$ : Pendiente del vano posterior.
- $P_{CAD}$ : Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.
- $N_{CAD}$ : Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

También es necesario calcular el esfuerzo transversal debido a la resultante de ángulo, que este caso corresponde según sigue.

$$T = \sqrt{\left[ (T_{H1} + T_{H2}) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right]^2 + \left[ (T_{H1} - T_{H2}) * \sen\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right]^2}$$

**(54)**

En donde:

- $T$ : Esfuerzo transversal en daN.
- $T_{H1}$ : Componente horizontal máxima de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación anterior al apoyo en daN.
- $T_{H2}$ : Componente horizontal máxima de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación posterior al apoyo en daN.
- $\alpha$ : Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

El esfuerzo longitudinal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

#### 2.2.2.3.4.3 3ª hipótesis desequilibrio de tracciones

La hipótesis de desequilibrio de tracciones se deberá calcular en las tres zonas de cálculo, pero con valores de temperatura y sobrecarga diferente en cada una de ellas.

En primer lugar el Reglamento obliga a calcular el esfuerzo vertical, para la zona A de cálculo se procederá como para la 1ª hipótesis de cálculo, por el contrario para las zonas B y C se procederá como para la 2ª hipótesis de cálculo correspondiente a las condiciones de hielo para líneas de categoría no especial y la 2ª de viento mas hielo en líneas de categoría especial.

En cuanto al esfuerzo transversal será en correspondiente a la resultante de ángulo en las condiciones de esta tercera hipótesis, según sigue:

$$T = \sqrt{\left[(T_{01} + T_{02}) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 + \left[(T_{01} - T_{02}) * \sen\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}$$

(55)

En donde:

$T$ : Esfuerzo transversal en daN.

$T_{01}$ : Componente horizontal de la tensión en condiciones de la tercera hipótesis en el vano de regulación anterior al apoyo en daN.

$T_{02}$ : Componente horizontal de la tensión en condiciones de la tercera hipótesis en el vano de regulación posterior al apoyo en daN.

$\alpha$ : Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

Para calcular el esfuerzo por desequilibrio de tracciones utilizaremos la expresión propuesta anteriormente, y que según ITC-LAT 07 apartado 3.1.4.3 del Reglamento tiene un porcentaje del 50%.

$$L = \frac{50}{100} T_0$$

(56)

En donde:

$L$ : Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

$T_0$ : Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

#### 2.2.2.3.4.4 4ª hipótesis rotura de conductores

Al contrario de lo que sucedía con los dos tipos de apoyos anteriores para los de amarre o suspensión si será necesario calcular la hipótesis de rotura de conductores en cualquiera de las tres zonas de cálculo reglamentarias. En primer lugar se tendrán que calcular los esfuerzos verticales que como en la hipótesis anterior si la línea transcurre por la zona A se calcularan igual que las correspondientes a la primera hipótesis, y como las correspondientes a la segunda hipótesis si la línea transcurre por las zonas B y C de cálculo reglamentarias, en función de si la línea es o no de categoría especial.

Según fija en la ITC-LAT 07 apartado 3.1.5.4 del Reglamento será la correspondiente a la rotura de un conductor sin reducción de esfuerzo. Por tanto la expresión de cálculo quedará.

$$L = T_0$$

(57)

En donde:

$L$ : Esfuerzo longitudinal producido por la rotura de conductores en daN.

$T_0$ : Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo. Y el vertical será el mismo que para la tercera hipótesis.

#### 2.2.2.3.5 Apoyo principio/final de línea

##### 2.2.2.3.5.1 1ª hipótesis viento

Como en los demás apoyos la primera hipótesis de cálculo será aplicable en las tres zonas de cálculo, pero en este caso como ocurría con el apoyo de ángulo actúan dos esfuerzos simultáneamente como se verá mas adelante. En primer lugar se deberá calcular el esfuerzo vertical debido a la acción del viento sobre conductores y cadenas de aisladores, a la temperatura de  $-5^{\circ}\text{C}$ ,  $-10^{\circ}\text{C}$  y  $-15^{\circ}\text{C}$ , para las zonas A, B y C, cuya expresión es la que sigue.

Principio de línea.

$$V = p * \left[ \frac{a_2}{2} - C_{V2} * \tan(n_2) \right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(58)

En donde:

|             |                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $V$ :       | Cargas verticales por conductor y fase en daN.                                                                                                                                                                                    |
| $p$ :       | Peso por metro lineal del conductor en daN/m.                                                                                                                                                                                     |
| $a_2$ :     | Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.                                                                                                                                                                             |
| $C_{V2}$ :  | Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación posterior. |
| $n_2$ :     | Pendiente del vano posterior.                                                                                                                                                                                                     |
| $P_{CAD}$ : | Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.                                                                                                                                                                     |
| $N_{CAD}$ : | Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.                                                                                                                                                                  |

Final de línea.

$$V = p * \left[ \frac{a_1}{2} + C_{V1} * \tan(n_1) \right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(59)

En donde:

|             |                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $V$ :       | Cargas verticales por conductor y fase en daN.                                                                                                                                                                                   |
| $p$ :       | Peso por metro lineal del conductor en daN/m.                                                                                                                                                                                    |
| $a_1$ :     | Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.                                                                                                                                                                             |
| $C_{V1}$ :  | Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación anterior. |
| $n_1$ :     | Pendiente del vano anterior.                                                                                                                                                                                                     |
| $P_{CAD}$ : | Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.                                                                                                                                                                    |
| $N_{CAD}$ : | Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.                                                                                                                                                                 |

Como se dijo anteriormente en esta hipótesis se dan simultáneamente dos esfuerzos que son la presión del viento sobre conductores y cadena de aisladores y el desequilibrio de tracciones. En primer lugar calcularemos el esfuerzo transversal debido a la acción del viento, para los conductores utilizaremos la ecuación que sigue.

$$T = d * v * \frac{a}{2} + E_{VCAD} * N_{CAD}$$

(60)

En donde:

$T$ : Esfuerzo transversal en daN.

$d$ : Diámetro del conductor en m.

$v$ : Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

$a$ : Longitud proyectada del vano en m.

$E_{VCAD}$ : Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

$N_{CAD}$ : Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

Seguidamente tendremos que calcular el esfuerzo longitudinal por desequilibrio de tracciones, que en este caso de la primera hipótesis se tendrá que calcular bajo las condiciones de  $-5^{\circ}\text{C}$ ,  $-10^{\circ}\text{C}$  y  $-15^{\circ}\text{C}$  de temperatura, para las zonas A, B y C y con la sobrecarga correspondiente a la presión del viento, por otra parte el porcentaje a aplicar en este tipo de apoyos según al ITC-LAT 07 apartado 3.1.4.4 del Reglamento será del cien por cien de las tracciones unilaterales de los conductores, así pues la ecuación quedará en la forma.

$$L = \%P * T_0$$

(61)

En donde:

$L$ : Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

$T_0$ : Componente horizontal máxima de la tensión en la hipótesis en daN.

#### 2.2.2.3.5.2 2ª hipótesis hielo

La segunda hipótesis para el apoyo final/principio de línea difiere un poco de las de los demás apoyos ya que en ella se integra el cálculo del esfuerzo debido al desequilibrio de tracciones. En primer lugar se tendrá que calcular los esfuerzos verticales que gravitan sobre el apoyo, como en anteriores casos utilizaremos la ecuación propuesta para el caso de la hipótesis de hielo, dicha ecuación es la que sigue.

Principio de línea.

$$V = \left[ p_H * \frac{a_2}{2} - T_{H2} * \tan(n_2) \right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(62)

En donde:

$V$ : Cargas verticales por conductor y fase en daN.

$p_h$ : Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

$a_2$ : Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

$T_{H2}$ : Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación posterior en daN.

$n_2$ : Pendiente del vano posterior.

$P_{CAD}$ : Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

$N_{CAD}$ : Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

Final de línea.

$$V = \left[ p_H * \frac{a_1}{2} + T_{H1} * \tan(n_1) \right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(63)

En donde:

$V$ : Cargas verticales por conductor y fase en daN.

$p_h$ : Peso por metro lineal del conductor más la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

$a_1$ : Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

$T_{H1}$ : Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación anterior en daN.

$n_1$ : Pendiente del vano anterior.

$P_{CAD}$ : Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

$N_{CAD}$ : Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

Aquí tenemos también que calcular el esfuerzo longitudinal por desequilibrio de tracciones de acuerdo a la siguiente expresión.

$$L = \%P * T_0$$

(64)

En donde:

$L$ : Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

$T_0$ : Componente horizontal máxima de la tensión a aplicar en la hipótesis en daN.

#### 2.2.2.3.5.3 3ª hipótesis desequilibrio de tracciones

Esta hipótesis queda anulada en este tipo de apoyos ya que como se ha visto en anteriores apartados

queda integrada dentro de la primera y segunda hipótesis por tanto ya esta calculada y el Reglamento prescinde de ella.

#### 2.2.2.3.5.4 4ª hipótesis rotura de conductores

Esta hipótesis es de obligado cálculo en las tres hipótesis reglamentarias, en primer lugar se tendrán que calcular los esfuerzos verticales, que para el caso de la zona A se procederá de la igual forma que en la primera hipótesis y para las zonas B y C de igual forma que en la segunda hipótesis de cálculo en las líneas de categoría no especial y como la segunda de viento mas hielo en líneas de categoría especial.

El porcentaje a aplicar en el cálculo de esta hipótesis según dicta el Reglamento en su ITC-LAT 07 apartado 3.1.5.4, es del cien por cien, por tanto la ecuación a utilizar es la siguiente.

$$L = T_0$$

**(65)**

En donde:

$L$ : Esfuerzo de torsión producido por la rotura de conductores en daN.

$T_0$ : Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

El número de conductores que actúan sobre el apoyo será de uno, excepto en el caso del montaje tresbolillo que serán dos, ya que al romper el conductor que se encuentra solo en uno de los lados, son dos conductores los que no encuentran equilibrio, por tanto son los que producen momento de torsión sobre el apoyo, por tanto en este caso del montaje tresbolillo la rotura de conductores se obtendrá.

$$L = T_0 * 2$$

**(66)**

En donde:

$L$ : Esfuerzo de torsión producido por la rotura de conductores en daN.

$T_0$ : Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

En el anexo de cálculo, se ilustran los resultados de cálculo para la presente línea, que definen el árbol de cargas específicas, resultantes de las condiciones de trabajo de cada uno de los apoyos utilizados en este proyecto, de los cuales la empresa fabricante suministradora, ha de certificar y garantizar que sus productos elegidos a tal efecto han de cumplir con dichas especificaciones.

### 2.2.3 Cimentaciones de los apoyos

#### 2.2.3.1 Cimentaciones monobloque

Sobre el apoyo se producen dos momentos flectores que debe soportar el macizo de cimentación que sustenta al apoyo. En primer lugar se produce el momento flector debido a la acción del tiro de conductores y que se calculará mediante la siguiente expresión.

$$M_{VC} = E_{Cond} * \left( H_{RC} + \frac{2}{3} * h \right) \quad (67)$$

En donde:

$M_{VC}$ : Momento de vuelco debido a la acción del tiro de conductores en daNm.

$E_p$ : Esfuerzo transversal más longitudinal producido por los conductores en daN.

$H_{RC}$ : Altura del punto de aplicación del esfuerzo en metros.

$h$ : Altura del macizo de cimentación en metros.

El segundo momento de vuelco que actúa sobre el apoyo es el debido a la acción del viento sobre la superficie del apoyo, que se calculará con la ecuación.

$$M_{VV} = E_{VApoyo} * \left( \frac{H_T}{2} + \frac{2}{3} * h \right) \quad (68)$$

En donde:

$M_{VV}$ : Momento del vuelco debido a la acción del viento sobre la superficie del apoyo en daNm.

$E_{VApoyo}$ : Esfuerzo producido por el viento sobre la superficie del apoyo en daN.

$H_T$ : Altura de la silueta del apoyo expuesta al viento en metros.

$h$ : Altura del macizo de cimentación en metros.

Para el cálculo de la cimentación se utiliza el método utilizado por la asociación de ingenieros suizos, el método se basa en la ecuación de Sulzberger. Según la ITC-LAT 07 apartado 3.6.1 del Reglamento, se fija un coeficiente de seguridad para las hipótesis normales de 1,5.

$$M_{VC} + M_{VV} \leq \frac{M_{ABS}}{1,5} \quad (69)$$



En donde:

$M_{VC}$ : Momento de vuelco debido a la acción del tiro de conductores en daNm.

$M_{VV}$ : Momento del vuelco debido a la acción del viento sobre la superficie del apoyo en daNm.

$M_{ABS}$ : Momento estabilizador absorbido por la cimentación en daNm.

Se adopta como forma para el cimientado del apoyo un prisma de sección cuadrada, prolongándose este 20 cm por encima del nivel del terreno de forma que sirva de protección para el apoyo. Por otra parte se establece un ángulo de giro máximo para el cimientado definido por su tangente de 0,01.

El momento estabilizador del cimientado está formado por dos componentes, el primero es el debido al empotramiento lateral del macizo en el terreno y el segundo es el que ofrece la reacción del terreno debido al peso del macizo de cimentación, apoyos, cables y cadenas de aisladores con sus herrajes correspondientes. Estos dos momentos dan lugar al momento estabilizador de la cimentación según la ecuación de Sulzberger.

$$M_{ABS} = 139 * C_2 * a * h^4 + a^3 * (h + S) * R_H * \left( 0,5 - \frac{2}{3} * \sqrt{\frac{1,1 * h}{10 * a * C_2}} \right)$$

**(70)**

En donde:

$M_{ABS}$ : Momento estabilizador absorbido por la cimentación en daNm.

$a$ : Anchura del cimientado en metros.

$b$ : Largo del cimientado en metros.

$h$ : Profundidad del cimientado en metros.

$C_2$ : Coeficiente de compresibilidad del terreno a 2 metros de profundidad en daN/cm<sup>3</sup>.

#### 2.2.4 Tierras

Todas las estructuras metálicas de los apoyos, irán unidas directamente a tierra mediante conductores de 50 mm<sup>2</sup> de cobre y picas de cobre.

Dada la naturaleza del terreno, y no pudiendo prever la resistencia de difusión de la puesta a tierra que se obtendrá en cada uno de los apoyos, se ha proyectado esta instalación de acuerdo con la ITC-LAT 07 en su apartado 7.

Asimismo, en los apoyos emplazados en zonas de pública concurrencia, las tomas de tierra se dispondrán en anillo cerrado y enterrado alrededor del empotramiento del apoyo, a un metro de

distancia de las aristas del macizo de la cimentación.

De esta forma también será ejecutada la instalación de toma de tierra en anillo en aquellos apoyos que soporten elementos de maniobra de cualquier tipo.

Teniendo en cuenta que el sistema de protecciones existente en todas las Subestaciones de esta Empresa suministradora, está concebido de tal forma que los relés de protección están tarados para una intensidad de arranque del 6% de la intensidad nominal del transformador de intensidad y puesto que los transformadores de intensidad usados son los de relación 400/5 ó 200/5 A, en el caso más desfavorable, el de relación 400/5 A, el umbral de funcionamiento es de  $0,06 \times 400 = 24$  A.

Como la intensidad de defecto a tierra está limitada a 300 A. en las líneas de distribución (por la resistencia de puesta a tierra del transformador), el 50% de esta intensidad es de 150 A, valor muy superior a los 24 A de intensidad de arranque del sistema de protecciones.

Teniendo en cuenta todo lo anteriormente expuesto, será totalmente reglamentaria la existencia de resistencias de difusión a tierra con valores superiores a  $20 \Omega$  en aquellos apoyos que no estén en zonas de pública concurrencia, ni soporten aparatos de maniobra.

Los cálculos de la puesta a tierra se dan en los anexos de cálculo correspondientes.

## 2.3 Distancias de Seguridad

### 2.3.1 Distancia de los conductores al terreno

Según la ITC-LAT 07 apartado 5.5 del Reglamento los apoyos deben tener una altura suficiente para que los conductores cuando se produzca su flecha máxima vertical, queden siempre por encima de cualquier punto del terreno o superficies de agua no navegable, dicha altura mínima viene fijada por la siguiente ecuación:

$$5,3 + d_{el}(m)$$

(71)

En donde:

$d_{el}$ : 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. Puede ser tanto interna como externa, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externas, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo.

Con un mínimo de 6 metros, para el caso del proyecto que nos ocupa será de 7,00.

No obstante, se dispondrá de un mínimo de: 7,46 m m, en el caso mas desfavorable de este

proyecto.

### 2.3.2 Distancia entre conductores

Viene definida por la longitud del vano, para cada caso se define, según el programa, la separación de crucetas más adecuada.

El Reglamento de líneas en su ITC-LAT 07 apartado 5.4 obliga a que los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos, la distancia tiene que ser suficiente para que no exista riesgo de cortocircuito entre fases ni a tierra. Teniendo siempre presentes los efectos de oscilación de los conductores debidos a la acción del viento y al desprendimiento de la nieve que se pueda acumular en la superficie de estos. La expresión que calcula según Reglamento esta distancia mínima entre conductores es la que sigue:

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

(72)

En donde:

$D$ : Separación entre conductores en metros.

$K$ : Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento.

$F$ : Flecha máxima en metros según ITC-LAT 07 apartado 3.2.3 del Reglamento de líneas.

$L$ : Longitud de la cadena de suspensión en metros. En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de amarre o aisladores fijos esta longitud de cadena será de cero metros.

$K'$ : Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea  $K'=0,85$  para líneas de categoría especial y  $K'=0,75$  para el resto de líneas.

$D_{pp}$ : Distancia mínima aérea especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido

Para el cálculo del coeficiente  $K$ , se utilizará la siguiente expresión en la zona A:

$$tg(\gamma) = \frac{v * d}{p}$$

(73)

En donde:

$v$ : Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1. Este valor será de 60 daN/m<sup>2</sup> para conductores con un diámetro igual o inferior a 16 mm y 50 daN/m<sup>2</sup> para conductores con un diámetro superior a 16mm.

$d$ : Diámetro en metros del conductor.

$P$ : Peso del conductor en daN/m.

$Y$  para las zonas B y C:

$$tg(\gamma) = \frac{v * d}{S_H}$$

**(74)**

En donde:

$v$ : Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1. Este valor será de 60 daN/m<sup>2</sup> para conductores con un diámetro igual o inferior a 16 mm y 50 daN/m<sup>2</sup> para conductores con un diámetro superior a 16mm.

$d$ : Diámetro en metros del conductor.

$S_H$ : Peso del conductor mas el manguito de hilo según zona en daN/m.

Con el valor del ángulo resultante del ángulo de oscilación y utilizando la tabla siguiente extraída de la ITC-LAT 07 apartado 5.4.1 del Reglamento se obtendrá el valor correspondiente para el coeficiente  $K$  a aplicar la ecuación del cálculo de la distancia entre conductores.

| Ángulo de oscilación       | Valores de K                               |                                                    |
|----------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------|
|                            | Líneas de tensión nominal superior a 30 kV | Líneas de tensión nominal igual o inferior a 30 kV |
| Superior a 65°             | 0,7                                        | 0,65                                               |
| Comprendido entre 40 y 65° | 0,65                                       | 0,6                                                |
| Inferior a 40°             | 0,6                                        | 0,55                                               |

Tabla 6. Valores del coeficiente K

No obstante, se dispondrá de un mínimo de: 1,20 m, en el caso más desfavorable de este proyecto.

# **3 ANEXO DE RESULTADOS DE CÁLCULO DE LA LÍNEA**

### 3.1 Cuadro n° 1: Cálculo de conductores de fase - tensiones reglamentarias

| Tramo  | Conductor | Zona | Vano | Desnivel | Vano Reg. | Const. Caten. | E.D.S. |             |       | T.H.F. | Tensiones y Flechas |                |                        |                  |       |         |       |         |       |
|--------|-----------|------|------|----------|-----------|---------------|--------|-------------|-------|--------|---------------------|----------------|------------------------|------------------|-------|---------|-------|---------|-------|
|        |           |      |      |          |           |               | Cálc.  | Valor máxi. | Temp. |        | T.máxima viento     | T.máxima hielo | T.Viento 1/2 (120km/h) | 15°C+V (120km/h) |       | 0°C+H   |       | 50°C    |       |
|        |           |      |      |          |           |               | %      | %           | °C    |        |                     |                |                        | T (daN)          | F (m) | T (daN) | F (m) | T (daN) | F (m) |
| 1- 2   | LA-110    | B    | 386  | 23,22    | 386       | 1247          | 13,40  | 15,00       | 10    | 14,29  | 1225                | 1408           | 826                    | 1166             | 15,09 | 1368    | 14,99 | 529     | 14,97 |
| 2- 3   | LA-110    | B    | 117  | -15,16   | 374       | 1225          | 13,19  | 15,00       | 10    | 14,10  | 1205                | 1385           | 814                    | 1145             | 1,42  | 1345    | 1,41  | 519     | 1,41  |
| 3- 4   |           |      | 189  | -38,56   |           |               |        |             |       |        |                     |                |                        |                  | 3,74  |         | 3,72  |         | 3,72  |
| 4- 5   |           |      | 361  | -46,98   |           |               |        |             |       |        |                     |                |                        |                  | 13,52 |         | 13,42 |         | 13,43 |
| 5- 6   |           |      | 304  | -33,32   |           |               |        |             |       |        |                     |                |                        |                  | 9,56  |         | 9,49  |         | 9,50  |
| 6- 7   |           |      | 247  | -21,44   |           |               |        |             |       |        |                     |                |                        |                  | 6,29  |         | 6,25  |         | 6,25  |
| 7- 8   |           |      | 331  | -17,89   |           |               |        |             |       |        |                     |                |                        |                  | 11,28 |         | 11,20 |         | 11,21 |
| 8- 9   |           |      | 539  | -10,23   |           |               |        |             |       |        |                     |                |                        | 29,95            |       | 29,75   |       | 29,76   |       |
| 9- 10  | LA-110    | B    | 643  | 22,50    | 435       | 1230          | 12,93  | 15,00       | 10    | 13,56  | 1197                | 1381           | 795                    | 1151             | 42,50 | 1349    | 42,27 | 521     | 42,28 |
| 10- 11 |           |      | 414  | -21,25   |           |               |        |             |       |        |                     |                |                        |                  | 17,57 |         | 17,48 |         | 17,48 |
| 11- 12 |           |      | 370  | 8,15     |           |               |        |             |       |        |                     |                |                        |                  | 14,01 |         | 13,94 |         | 13,94 |
| 12- 13 |           |      | 403  | 22,46    |           |               |        |             |       |        |                     |                |                        |                  | 16,65 |         | 16,56 |         | 16,57 |
| 13- 14 |           |      | 229  | 9,43     |           |               |        |             |       |        |                     |                |                        |                  | 5,36  |         | 5,34  |         | 5,34  |
| 14- 15 |           |      | 391  | -1,36    |           |               |        |             |       |        |                     |                |                        |                  | 15,65 |         | 15,57 |         | 15,57 |
| 15- 16 |           |      | 271  | -2,32    |           |               |        |             |       |        |                     |                |                        |                  | 7,51  |         | 7,47  |         | 7,47  |
| 16- 17 |           |      | 212  | -8,77    |           |               |        |             |       |        |                     |                |                        |                  | 4,60  |         | 4,57  |         | 4,57  |
| 17- 18 | LA-110    | B    | 270  | -3,08    | 381       | 1239          | 13,31  | 15,00       | 10    | 14,22  | 1217                | 1399           | 821                    | 1158             | 7,41  | 1359    | 7,36  | 525     | 7,36  |
| 18- 19 |           |      | 370  | 4,82     |           |               |        |             |       |        |                     |                |                        |                  | 13,93 |         | 13,84 |         | 13,84 |
| 19- 20 |           |      | 498  | 1,53     |           |               |        |             |       |        |                     |                |                        |                  | 25,28 |         | 25,11 |         | 25,10 |
| 20- 21 |           |      | 387  | -30,69   |           |               |        |             |       |        |                     |                |                        |                  | 15,29 |         | 15,19 |         | 15,18 |
| 21- 22 |           |      | 331  | -36,27   |           |               |        |             |       |        |                     |                |                        |                  | 11,21 |         | 11,14 |         | 11,13 |
| 22- 23 |           |      | 283  | -16,24   |           |               |        |             |       |        |                     |                |                        |                  | 8,16  |         | 8,10  |         | 8,10  |
| 23- 24 | LA-110    | A    | 318  | -59,42   | 318       | 1342          | 15,00  | 15,00       | 15    | 16,38  | 1314                | —              | 927                    | 1238             | 9,78  | —       | —     | 568     | 9,59  |
| 24- 25 | LA-110    | A    | 547  | 34,50    | 547       | 1452          | 15,00  | 15,00       | 15    | 15,49  | 1384                | —              | 918                    | 1347             | 26,25 | —       | —     | 615     | 25,89 |
| 25- 26 | LA-110    | A    | 272  | 8,16     | 313       | 1338          | 15,00  | 15,00       | 15    | 16,43  | 1311                | —              | 927                    | 1234             | 7,06  | —       | —     | 566     | 6,92  |
| 26- 27 |           |      | 311  | 6,16     |           |               |        |             |       |        |                     |                |                        |                  | 9,23  |         | —     |         | 9,05  |
| 27- 28 |           |      | 308  | -10,02   |           |               |        |             |       |        |                     |                |                        |                  | 9,06  |         | —     |         | 8,88  |
| 28- 29 |           |      | 283  | 12,45    |           |               |        |             |       |        |                     |                |                        |                  | 7,65  |         | —     |         | 7,50  |
| 29- 30 |           |      | 365  | 11,83    |           |               |        |             |       |        |                     |                |                        |                  | 12,72 |         | —     |         | 12,47 |
| 30- 31 | LA-110    | B    | 243  | 34,34    | 293       | 1220          | 13,88  | 15,00       | 10    | 15,57  | 1227                | 1400           | 862                    | 1137             | 6,17  | 1340    | 6,11  | 516     | 6,12  |
| 31- 32 |           |      | 326  | -6,85    |           |               |        |             |       |        |                     |                |                        |                  | 11,01 |         | 10,90 |         | 10,91 |
| 32- 33 | LA-110    | B    | 186  | 17,78    | 186       | 1123          | 15,00  | 15,00       | 10    | 19,32  | 1213                | 1361           | 943                    | 1056             | 3,87  | 1259    | 3,79  | 475     | 3,87  |
| 33- 34 | LA-110    | B    | 249  | -27,84   | 292       | 1227          | 14,02  | 15,00       | 10    | 15,77  | 1236                | 1408           | 870                    | 1143             | 6,42  | 1347    | 6,36  | 519     | 6,36  |
| 34- 35 |           |      | 321  | -13,17   |           |               |        |             |       |        |                     |                |                        |                  | 10,62 |         | 10,51 |         | 10,52 |
| 35- 36 | LA-110    | A    | 245  | -11,65   | 310       | 1336          | 15,00  | 15,00       | 15    | 16,45  | 1310                | —              | 927                    | 1232             | 5,74  | —       | —     | 565     | 5,63  |
| 36- 37 |           |      | 349  | -23,01   |           |               |        |             |       |        |                     |                |                        |                  | 11,67 |         | —     |         | 11,44 |

### 3.2 Cuadro nº 4: Cálculo de conductores de fase - tabla de tendido nº 1

| Tramo  | Conductor | Zona | Vano<br>(m) | Desnivel<br>(m) | Vano<br>Regulación<br>(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) |
| 1- 2   | LA-110    | B    | 386,36      | 23,22           | 386,00                    | 601                 | 13,17 | 593     | 13,34 | 586     | 13,51 | 578     | 13,68 | 572     | 13,85 | 565     | 14,01 |
| 2- 3   | LA-110    | B    | 117,40      | -15,16          | 373,61                    | 592                 | 1,23  | 584     | 1,25  | 577     | 1,27  | 569     | 1,28  | 562     | 1,30  | 555     | 1,32  |
| 3- 4   |           |      | 188,60      | -38,56          |                           |                     | 3,26  |         | 3,30  |         | 3,35  |         | 3,39  |         | 3,43  |         | 3,48  |
| 4- 5   |           |      | 361,08      | -46,98          |                           |                     | 11,76 |         | 11,92 |         | 12,08 |         | 12,24 |         | 12,39 |         | 12,54 |
| 5- 6   |           |      | 304,28      | -33,32          |                           |                     | 8,32  |         | 8,43  |         | 8,54  |         | 8,65  |         | 8,76  |         | 8,87  |
| 6- 7   |           |      | 247,19      | -21,44          |                           |                     | 5,48  |         | 5,55  |         | 5,62  |         | 5,70  |         | 5,77  |         | 5,84  |
| 7- 8   |           |      | 331,26      | -17,89          |                           |                     | 9,82  |         | 9,95  |         | 10,08 |         | 10,21 |         | 10,34 |         | 10,47 |
| 8- 9   |           |      | 538,81      | -10,23          |                           |                     | 26,05 |         | 26,41 |         | 26,76 |         | 27,10 |         | 27,44 |         | 27,78 |
| 9- 10  | LA-110    | B    | 643,28      | 22,50           | 434,66                    | 574                 | 38,32 | 569     | 38,69 | 563     | 39,06 | 558     | 39,43 | 553     | 39,79 | 548     | 40,16 |
| 10- 11 |           |      | 413,67      | -21,25          |                           |                     | 15,85 |         | 16,01 |         | 16,16 |         | 16,31 |         | 16,46 |         | 16,61 |
| 11- 12 |           |      | 370,22      | 8,15            |                           |                     | 12,64 |         | 12,77 |         | 12,89 |         | 13,01 |         | 13,13 |         | 13,25 |
| 12- 13 |           |      | 403,46      | 22,46           |                           |                     | 15,02 |         | 15,17 |         | 15,31 |         | 15,46 |         | 15,60 |         | 15,74 |
| 13- 14 |           |      | 228,93      | 9,43            |                           |                     | 4,84  |         | 4,89  |         | 4,93  |         | 4,98  |         | 5,03  |         | 5,07  |
| 14- 15 |           |      | 391,49      | -1,36           |                           |                     | 14,12 |         | 14,26 |         | 14,39 |         | 14,53 |         | 14,66 |         | 14,79 |
| 15- 16 |           |      | 270,63      | -2,32           |                           |                     | 6,78  |         | 6,84  |         | 6,91  |         | 6,97  |         | 7,04  |         | 7,10  |
| 16- 17 |           |      | 212,38      | -8,77           |                           |                     | 4,15  |         | 4,19  |         | 4,23  |         | 4,27  |         | 4,31  |         | 4,35  |
| 17- 18 | LA-110    | B    | 269,93      | -3,08           | 381,15                    | 597                 | 6,46  | 590     | 6,55  | 582     | 6,63  | 575     | 6,72  | 568     | 6,80  | 561     | 6,88  |
| 18- 19 |           |      | 369,73      | 4,82            |                           |                     | 12,15 |         | 12,31 |         | 12,47 |         | 12,62 |         | 12,78 |         | 12,94 |
| 19- 20 |           |      | 498,40      | 1,53            |                           |                     | 22,03 |         | 22,32 |         | 22,61 |         | 22,90 |         | 23,18 |         | 23,46 |
| 20- 21 |           |      | 386,51      | -30,69          |                           |                     | 13,33 |         | 13,51 |         | 13,68 |         | 13,86 |         | 14,03 |         | 14,20 |
| 21- 22 |           |      | 330,72      | -36,27          |                           |                     | 9,78  |         | 9,91  |         | 10,03 |         | 10,16 |         | 10,29 |         | 10,41 |
| 22- 23 |           |      | 283,44      | -16,24          |                           |                     | 7,11  |         | 7,21  |         | 7,30  |         | 7,39  |         | 7,48  |         | 7,57  |
| 23- 24 | LA-110    | A    | 318,22      | -59,42          | 318,00                    | 707                 | 7,70  | 691     | 7,88  | 676     | 8,06  | 661     | 8,24  | 648     | 8,41  | 634     | 8,59  |
| 24- 25 | LA-110    | A    | 546,87      | 34,50           | 547,00                    | 669                 | 23,78 | 663     | 23,98 | 658     | 24,18 | 653     | 24,37 | 648     | 24,57 | 643     | 24,76 |
| 25- 26 | LA-110    | A    | 272,30      | 8,16            | 312,94                    | 709                 | 5,53  | 692     | 5,66  | 677     | 5,79  | 662     | 5,92  | 648     | 6,05  | 634     | 6,18  |
| 26- 27 |           |      | 311,01      | 6,16            |                           |                     | 7,22  |         | 7,40  |         | 7,57  |         | 7,74  |         | 7,91  |         | 8,08  |
| 27- 28 |           |      | 307,64      | -10,02          |                           |                     | 7,09  |         | 7,26  |         | 7,43  |         | 7,60  |         | 7,76  |         | 7,93  |
| 28- 29 |           |      | 283,31      | 12,45           |                           |                     | 5,99  |         | 6,13  |         | 6,27  |         | 6,42  |         | 6,56  |         | 6,70  |
| 29- 30 |           |      | 364,82      | 11,83           |                           |                     | 9,96  |         | 10,20 |         | 10,44 |         | 10,67 |         | 10,91 |         | 11,14 |
| 30- 31 | LA-110    | B    | 242,78      | 34,34           | 293,45                    | 641                 | 4,93  | 626     | 5,04  | 612     | 5,16  | 599     | 5,27  | 587     | 5,38  | 575     | 5,49  |
| 31- 32 |           |      | 326,00      | -6,85           |                           |                     | 8,79  |         | 9,00  |         | 9,20  |         | 9,40  |         | 9,59  |         | 9,79  |
| 32- 33 | LA-110    | B    | 185,97      | 17,78           | 186,00                    | 750                 | 2,45  | 713     | 2,58  | 679     | 2,71  | 648     | 2,84  | 619     | 2,97  | 593     | 3,10  |
| 33- 34 | LA-110    | B    | 249,04      | -27,84          | 291,74                    | 648                 | 5,10  | 633     | 5,22  | 619     | 5,34  | 605     | 5,46  | 592     | 5,58  | 580     | 5,69  |
| 34- 35 |           |      | 321,04      | -13,17          |                           |                     | 8,43  |         | 8,63  |         | 8,83  |         | 9,03  |         | 9,22  |         | 9,41  |
| 35- 36 | LA-110    | A    | 245,48      | -11,65          | 310,36                    | 710                 | 4,48  | 693     | 4,59  | 677     | 4,70  | 662     | 4,81  | 648     | 4,91  | 634     | 5,02  |
| 36- 37 |           |      | 348,70      | -23,01          |                           |                     | 9,11  |         | 9,33  |         | 9,55  |         | 9,77  |         | 9,99  |         | 10,20 |

### 3.3 Cuadro n° 4: Cálculo de conductores de fase - tabla de tendido n° 2

| Tramo  | Conductor | Zona | Vano<br>(m) | Desnivel<br>(m) | Vano<br>Regulación<br>(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) |
| 1- 2   | LA-110    | B    | 386,36      | 23,22           | 386,00                    | 558                 | 14,17 | 552     | 14,34 | 546     | 14,50 | 540     | 14,66 | 534     | 14,82 | 529     | 14,97 |
| 2- 3   | LA-110    | B    | 117,40      | -15,16          | 373,61                    | 549                 | 1,33  | 542     | 1,35  | 536     | 1,36  | 530     | 1,38  | 524     | 1,39  | 519     | 1,41  |
| 3- 4   |           |      | 188,60      | -38,56          |                           |                     | 3,52  |         | 3,56  |         | 3,60  |         | 3,64  |         | 3,68  |         | 3,72  |
| 4- 5   |           |      | 361,08      | -46,98          |                           |                     | 12,69 |         | 12,84 |         | 12,99 |         | 13,14 |         | 13,29 |         | 13,43 |
| 5- 6   |           |      | 304,28      | -33,32          |                           |                     | 8,98  |         | 9,08  |         | 9,19  |         | 9,29  |         | 9,39  |         | 9,50  |
| 6- 7   |           |      | 247,19      | -21,44          |                           |                     | 5,91  |         | 5,98  |         | 6,05  |         | 6,12  |         | 6,19  |         | 6,25  |
| 7- 8   |           |      | 331,26      | -17,89          |                           |                     | 10,59 |         | 10,72 |         | 10,84 |         | 10,97 |         | 11,09 |         | 11,21 |
| 8- 9   |           |      | 538,81      | -10,23          |                           |                     | 28,12 |         | 28,46 |         | 28,79 |         | 29,11 |         | 29,44 |         | 29,76 |
| 9- 10  | LA-110    | B    | 643,28      | 22,50           | 434,66                    | 543                 | 40,52 | 538     | 40,87 | 534     | 41,23 | 529     | 41,58 | 525     | 41,93 | 521     | 42,28 |
| 10- 11 |           |      | 413,67      | -21,25          |                           |                     | 16,76 |         | 16,90 |         | 17,05 |         | 17,19 |         | 17,34 |         | 17,48 |
| 11- 12 |           |      | 370,22      | 8,15            |                           |                     | 13,36 |         | 13,48 |         | 13,60 |         | 13,71 |         | 13,83 |         | 13,94 |
| 12- 13 |           |      | 403,46      | 22,46           |                           |                     | 15,88 |         | 16,02 |         | 16,16 |         | 16,29 |         | 16,43 |         | 16,57 |
| 13- 14 |           |      | 228,93      | 9,43            |                           |                     | 5,12  |         | 5,16  |         | 5,21  |         | 5,25  |         | 5,29  |         | 5,34  |
| 14- 15 |           |      | 391,49      | -1,36           |                           |                     | 14,92 |         | 15,05 |         | 15,18 |         | 15,31 |         | 15,44 |         | 15,57 |
| 15- 16 |           |      | 270,63      | -2,32           |                           |                     | 7,16  |         | 7,22  |         | 7,29  |         | 7,35  |         | 7,41  |         | 7,47  |
| 16- 17 |           |      | 212,38      | -8,77           |                           |                     | 4,39  |         | 4,42  |         | 4,46  |         | 4,50  |         | 4,54  |         | 4,57  |
| 17- 18 | LA-110    | B    | 269,93      | -3,08           | 381,15                    | 554                 | 6,96  | 548     | 7,04  | 542     | 7,12  | 536     | 7,20  | 530     | 7,28  | 525     | 7,36  |
| 18- 19 |           |      | 369,73      | 4,82            |                           |                     | 13,09 |         | 13,24 |         | 13,39 |         | 13,54 |         | 13,69 |         | 13,84 |
| 19- 20 |           |      | 498,40      | 1,53            |                           |                     | 23,74 |         | 24,02 |         | 24,29 |         | 24,56 |         | 24,83 |         | 25,10 |
| 20- 21 |           |      | 386,51      | -30,69          |                           |                     | 14,36 |         | 14,53 |         | 14,70 |         | 14,86 |         | 15,02 |         | 15,18 |
| 21- 22 |           |      | 330,72      | -36,27          |                           |                     | 10,53 |         | 10,66 |         | 10,78 |         | 10,90 |         | 11,02 |         | 11,13 |
| 22- 23 |           |      | 283,44      | -16,24          |                           |                     | 7,66  |         | 7,75  |         | 7,84  |         | 7,93  |         | 8,01  |         | 8,10  |
| 23- 24 | LA-110    | A    | 318,22      | -59,42          | 318,00                    | 622                 | 8,76  | 610     | 8,93  | 599     | 9,10  | 588     | 9,26  | 578     | 9,43  | 568     | 9,59  |
| 24- 25 | LA-110    | A    | 546,87      | 34,50           | 547,00                    | 638                 | 24,95 | 633     | 25,14 | 628     | 25,33 | 624     | 25,52 | 619     | 25,71 | 615     | 25,89 |
| 25- 26 | LA-110    | A    | 272,30      | 8,16            | 312,94                    | 621                 | 6,31  | 609     | 6,43  | 598     | 6,56  | 587     | 6,68  | 576     | 6,80  | 566     | 6,92  |
| 26- 27 |           |      | 311,01      | 6,16            |                           |                     | 8,25  |         | 8,41  |         | 8,57  |         | 8,73  |         | 8,89  |         | 9,05  |
| 27- 28 |           |      | 307,64      | -10,02          |                           |                     | 8,09  |         | 8,25  |         | 8,41  |         | 8,57  |         | 8,72  |         | 8,88  |
| 28- 29 |           |      | 283,31      | 12,45           |                           |                     | 6,83  |         | 6,97  |         | 7,10  |         | 7,24  |         | 7,37  |         | 7,50  |
| 29- 30 |           |      | 364,82      | 11,83           |                           |                     | 11,37 |         | 11,59 |         | 11,82 |         | 12,04 |         | 12,26 |         | 12,47 |
| 30- 31 | LA-110    | B    | 242,78      | 34,34           | 293,45                    | 564                 | 5,60  | 554     | 5,70  | 544     | 5,81  | 534     | 5,91  | 525     | 6,02  | 516     | 6,12  |
| 31- 32 |           |      | 326,00      | -6,85           |                           |                     | 9,98  |         | 10,17 |         | 10,36 |         | 10,55 |         | 10,73 |         | 10,91 |
| 32- 33 | LA-110    | B    | 185,97      | 17,78           | 186,00                    | 569                 | 3,23  | 547     | 3,36  | 527     | 3,49  | 508     | 3,62  | 491     | 3,75  | 475     | 3,87  |
| 33- 34 | LA-110    | B    | 249,04      | -27,84          | 291,74                    | 569                 | 5,81  | 558     | 5,92  | 548     | 6,03  | 538     | 6,14  | 528     | 6,25  | 519     | 6,36  |
| 34- 35 |           |      | 321,04      | -13,17          |                           |                     | 9,60  |         | 9,79  |         | 9,98  |         | 10,16 |         | 10,34 |         | 10,52 |
| 35- 36 | LA-110    | A    | 245,48      | -11,65          | 310,36                    | 621                 | 5,12  | 609     | 5,23  | 597     | 5,33  | 586     | 5,43  | 576     | 5,53  | 565     | 5,63  |
| 36- 37 |           |      | 348,70      | -23,01          |                           |                     | 10,41 |         | 10,62 |         | 10,83 |         | 11,04 |         | 11,24 |         | 11,44 |



### 3.4 Cuadro nº 7: Cálculo de apoyos nº1

| Apoyo nº | Tipo    | Valor ángulo (Sexa.) | Coeficien. de seguridad | Conduct. | 1ª Hipótesis Viento |            |            | 2ª Hipótesis Hielo |            |            | 3ª Hipótesis Desequilibrio de tracciones |            |            | 4ª Hipótesis Rotura de conductores |            |            |                 |            |            |                      |
|----------|---------|----------------------|-------------------------|----------|---------------------|------------|------------|--------------------|------------|------------|------------------------------------------|------------|------------|------------------------------------|------------|------------|-----------------|------------|------------|----------------------|
|          |         |                      |                         |          |                     |            |            |                    |            |            |                                          |            |            | Fases no afectadas                 |            |            | Fases afectadas |            |            | Esf.tor. aplica. daN |
|          |         |                      |                         |          | Vertic. daN         | Trans. daN | Longi. daN | Vertic. daN        | Trans. daN | Longi. daN | Vertic. daN                              | Trans. daN | Longi. daN | Vertic. daN                        | Trans. daN | Longi. daN | Vertic. daN     | Trans. daN | Longi. daN |                      |
| 1        | P.Línea | —                    | N                       | Fase     | 52                  | 167        | 1225       | 130                | —          | 1408       | —                                        | —          | —          | 130                                | —          | 1408       | 65              | —          | —          | 1408                 |
| 2        | Ali-Ama | —                    | N                       | Fase     | 216                 | 222        | —          | 546                | —          | —          | 546                                      | —          | 211        | 546                                | —          | —          | —               | —          | —          | —                    |
| 3        | Ali-Sus | —                    | N                       | Fase     | 108                 | 133        | —          | 273                | —          | —          | 273                                      | —          | 111        | 273                                | —          | —          | —               | —          | —          | —                    |
| 4        | Ali-Sus | —                    | N                       | Fase     | 79                  | 236        | —          | 202                | —          | —          | 202                                      | —          | 111        | 202                                | —          | —          | —               | —          | —          | —                    |
| 5        | Ali-Sus | —                    | N                       | Fase     | 132                 | 284        | —          | 339                | —          | —          | 339                                      | —          | 111        | 339                                | —          | —          | —               | —          | —          | —                    |
| 6        | Ali-Sus | —                    | N                       | Fase     | 107                 | 236        | —          | 273                | —          | —          | 273                                      | —          | 111        | 273                                | —          | —          | —               | —          | —          | —                    |
| 7        | Ali-Sus | —                    | N                       | Fase     | 107                 | 247        | —          | 274                | —          | —          | 274                                      | —          | 111        | 274                                | —          | —          | —               | —          | —          | —                    |
| 8        | Ali-Sus | —                    | N                       | Fase     | 168                 | 370        | —          | 431                | —          | —          | 431                                      | —          | 111        | 431                                | —          | —          | —               | —          | —          | —                    |
| 9        | Ali-Anc | —                    | N                       | Fase     | 227                 | 507        | —          | 580                | —          | —          | 580                                      | —          | 693        | 580                                | —          | —          | 290             | —          | 1385       | 1385                 |
| 10       | Ali-Sus | —                    | N                       | Fase     | 273                 | 449        | —          | 701                | —          | —          | 701                                      | —          | 110        | 701                                | —          | —          | —               | —          | —          | —                    |
| 11       | Ali-Sus | —                    | N                       | Fase     | 129                 | 334        | —          | 331                | —          | —          | 331                                      | —          | 110        | 331                                | —          | —          | —               | —          | —          | —                    |
| 12       | Ali-Sus | —                    | N                       | Fase     | 148                 | 329        | —          | 380                | —          | —          | 380                                      | —          | 110        | 380                                | —          | —          | —               | —          | —          | —                    |
| 13       | Ali-Sus | —                    | N                       | Fase     | 144                 | 270        | —          | 369                | —          | —          | 369                                      | —          | 110        | 369                                | —          | —          | —               | —          | —          | —                    |
| 14       | Ali-Sus | —                    | N                       | Fase     | 158                 | 265        | —          | 404                | —          | —          | 404                                      | —          | 110        | 404                                | —          | —          | —               | —          | —          | —                    |
| 15       | Ali-Sus | —                    | N                       | Fase     | 145                 | 283        | —          | 373                | —          | —          | 373                                      | —          | 110        | 373                                | —          | —          | —               | —          | —          | —                    |
| 16       | Ali-Sus | —                    | N                       | Fase     | 122                 | 207        | —          | 313                | —          | —          | 313                                      | —          | 110        | 313                                | —          | —          | —               | —          | —          | —                    |
| 17       | Ali-Anc | —                    | N                       | Fase     | 92                  | 213        | —          | 229                | —          | —          | 229                                      | —          | 699        | 229                                | —          | —          | 115             | —          | 1399       | 1399                 |
| 18       | Ali-Sus | —                    | N                       | Fase     | 125                 | 273        | —          | 319                | —          | —          | 319                                      | —          | 112        | 319                                | —          | —          | —               | —          | —          | —                    |
| 19       | Ali-Sus | —                    | N                       | Fase     | 192                 | 369        | —          | 492                | —          | —          | 492                                      | —          | 112        | 492                                | —          | —          | —               | —          | —          | —                    |
| 20       | Ali-Sus | —                    | N                       | Fase     | 235                 | 376        | —          | 603                | —          | —          | 603                                      | —          | 112        | 603                                | —          | —          | —               | —          | —          | —                    |
| 21       | Ali-Sus | —                    | N                       | Fase     | 171                 | 306        | —          | 439                | —          | —          | 439                                      | —          | 112        | 439                                | —          | —          | —               | —          | —          | —                    |
| 22       | Ali-Sus | —                    | N                       | Fase     | 104                 | 262        | —          | 266                | —          | —          | 266                                      | —          | 112        | 266                                | —          | —          | —               | —          | —          | —                    |
| 23       | Ali-Anc | —                    | N                       | Fase     | 212                 | 263        | —          | 289                | —          | —          | 289                                      | —          | 699        | 289                                | —          | —          | 144             | —          | 1399       | 1399                 |
| 24       | Ali-Anc | —                    | N                       | Fase     | 39                  | 374        | —          | —                  | —          | —          | 39                                       | —          | 692        | 39                                 | —          | —          | 20              | —          | 1384       | 1384                 |
| 25       | Ali-Ama | —                    | N                       | Fase     | 201                 | 355        | —          | —                  | —          | —          | 201                                      | —          | 208        | 201                                | —          | —          | —               | —          | —          | —                    |
| 26       | Ali-Sus | —                    | N                       | Fase     | 132                 | 249        | —          | —                  | —          | —          | 132                                      | —          | 105        | 132                                | —          | —          | —               | —          | —          | —                    |
| 27       | Ali-Sus | —                    | N                       | Fase     | 164                 | 265        | —          | —                  | —          | —          | 164                                      | —          | 105        | 164                                | —          | —          | —               | —          | —          | —                    |
| 28       | Ali-Sus | —                    | N                       | Fase     | 82                  | 253        | —          | —                  | —          | —          | 82                                       | —          | 105        | 82                                 | —          | —          | —               | —          | —          | —                    |
| 29       | Ali-Sus | —                    | N                       | Fase     | 147                 | 277        | —          | —                  | —          | —          | 147                                      | —          | 105        | 147                                | —          | —          | —               | —          | —          | —                    |
| 30       | Ali-Anc | —                    | R                       | Fase     | 111                 | 323        | —          | 77                 | —          | —          | 77                                       | —          | 700        | 77                                 | —          | —          | 39              | —          | 1400       | 1400                 |
| 31       | Ali-Sus | —                    | R                       | Fase     | 229                 | 268        | —          | 559                | —          | —          | 559                                      | —          | 112        | 559                                | —          | —          | —               | —          | —          | —                    |
| 32       | Ali-Ama | —                    | N                       | Fase     | 50                  | 226        | —          | 127                | —          | —          | 127                                      | —          | 210        | 127                                | —          | —          | —               | —          | —          | —                    |
| 33       | Áng-Anc | 152                  | N                       | Fase     | 212                 | 779        | —          | 532                | 669        | —          | 532                                      | 669        | 704        | 532                                | 669        | —          | 266             | 335        | 1367       | 1367                 |
| 34       | Ali-Sus | —                    | N                       | Fase     | 84                  | 244        | —          | 215                | —          | —          | 215                                      | —          | 113        | 215                                | —          | —          | —               | —          | —          | —                    |
| 35       | Ali-Anc | —                    | N                       | Fase     | 131                 | 248        | —          | 212                | —          | —          | 212                                      | —          | 704        | 212                                | —          | —          | 106             | —          | 1408       | 1408                 |
| 36       | Ali-Sus | —                    | N                       | Fase     | 139                 | 254        | —          | —                  | —          | —          | 139                                      | —          | 105        | 139                                | —          | —          | —               | —          | —          | —                    |
| 37       | F.Línea | —                    | N                       | Fase     | 38                  | 152        | 1310       | —                  | —          | —          | —                                        | —          | —          | 38                                 | —          | 1310       | 19              | —          | —          | 1310                 |

### 3.5 Cuadro nº 7: Cálculo de apoyos nº2

| 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 | Coeficientes L, N, S |                        |                      |
|----------|---------|--------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------|------------------|-----------------|----------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
|          |         |              |                         |                                  |                         |                  |                 |                      | Semi suma vanos L    | Diferencia tangentes N | Coeficiente ángulo S |
| 1        | P.Línea | —            | N                       | 11,39                            | 11,98                   | —                | 14,99           | 2,32                 | 193,00               | 0,060                  | —                    |
| 2        | Ali-Ama | —            | N                       | 16,33                            | 16,78                   | —                | 14,99           | 2,32                 | 251,50               | 0,190                  | —                    |
| 3        | Ali-Sus | —            | N                       | 9,00                             | 10,61                   | 26               | 3,72            | 1,33                 | 153,00               | 0,074                  | —                    |
| 4        | Ali-Sus | —            | N                       | 18,98                            | 20,16                   | 66               | 13,43           | 2,25                 | 275,00               | -0,074                 | —                    |
| 5        | Ali-Sus | —            | N                       | 15,96                            | 18,17                   | 48               | 13,43           | 2,25                 | 332,50               | -0,021                 | —                    |
| 6        | Ali-Sus | —            | N                       | 17,91                            | 20,16                   | 49               | 9,50            | 1,94                 | 275,50               | -0,023                 | —                    |
| 7        | Ali-Sus | —            | N                       | 12,53                            | 14,24                   | 52               | 11,21           | 2,08                 | 289,00               | -0,033                 | —                    |
| 8        | Ali-Sus | —            | N                       | 15,78                            | 16,97                   | 50               | 29,76           | 3,22                 | 435,00               | -0,035                 | —                    |
| 9        | Ali-Anc | —            | N                       | 11,89                            | 13,01                   | —                | 42,28           | 3,76                 | 591,00               | -0,054                 | —                    |
| 10       | Ali-Sus | —            | N                       | 16,19                            | 16,59                   | 38               | 42,28           | 3,79                 | 528,50               | 0,086                  | —                    |
| 11       | Ali-Sus | —            | N                       | 7,22                             | 9,16                    | 56               | 17,48           | 2,53                 | 392,00               | -0,073                 | —                    |
| 12       | Ali-Sus | —            | N                       | 7,48                             | 9,16                    | 50               | 16,57           | 2,47                 | 386,50               | -0,034                 | —                    |
| 13       | Ali-Sus | —            | N                       | 8,20                             | 9,16                    | 43               | 16,57           | 2,47                 | 316,00               | 0,015                  | —                    |
| 14       | Ali-Sus | —            | N                       | 17,04                            | 18,17                   | 38               | 15,57           | 2,40                 | 310,00               | 0,045                  | —                    |
| 15       | Ali-Sus | —            | N                       | 10,47                            | 12,27                   | 44               | 15,57           | 2,40                 | 331,00               | 0,005                  | —                    |
| 16       | Ali-Sus | —            | N                       | 10,24                            | 12,27                   | 37               | 7,47            | 1,75                 | 241,50               | 0,033                  | —                    |
| 17       | Ali-Anc | —            | N                       | 9,71                             | 10,53                   | —                | 7,36            | 1,68                 | 241,00               | -0,030                 | —                    |
| 18       | Ali-Sus | —            | N                       | 11,12                            | 12,27                   | 49               | 13,84           | 2,28                 | 320,00               | -0,024                 | —                    |
| 19       | Ali-Sus | —            | N                       | 21,24                            | 22,89                   | 43               | 25,11           | 2,98                 | 434,00               | 0,010                  | —                    |
| 20       | Ali-Sus | —            | N                       | 20,09                            | 20,93                   | 36               | 25,11           | 2,98                 | 442,50               | 0,082                  | —                    |
| 21       | Ali-Sus | —            | N                       | 19,43                            | 20,16                   | 41               | 15,19           | 2,37                 | 359,00               | 0,030                  | —                    |
| 22       | Ali-Sus | —            | N                       | 14,27                            | 16,18                   | 54               | 11,14           | 2,07                 | 307,00               | -0,052                 | —                    |
| 23       | Ali-Anc | —            | N                       | 13,20                            | 14,45                   | —                | 9,59            | 1,89                 | 300,50               | 0,129                  | —                    |
| 24       | Ali-Anc | —            | N                       | 11,53                            | 13,15                   | —                | 25,89           | 3,24                 | 432,50               | -0,250                 | —                    |
| 25       | Ali-Ama | —            | N                       | 12,46                            | 13,63                   | —                | 25,89           | 3,24                 | 409,50               | 0,033                  | —                    |
| 26       | Ali-Sus | —            | N                       | 14,24                            | 16,18                   | 42               | 9,05            | 2,05                 | 291,50               | 0,010                  | —                    |
| 27       | Ali-Sus | —            | N                       | 14,24                            | 16,18                   | 36               | 9,05            | 2,05                 | 309,50               | 0,052                  | —                    |
| 28       | Ali-Sus | —            | N                       | 12,37                            | 14,24                   | 66               | 8,88            | 2,04                 | 295,50               | -0,077                 | —                    |
| 29       | Ali-Sus | —            | N                       | 12,44                            | 14,24                   | 43               | 12,47           | 2,36                 | 324,00               | 0,012                  | —                    |
| 30       | Ali-Anc | —            | R                       | 11,12                            | 13,01                   | —                | 12,47           | 2,13                 | 304,00               | -0,109                 | —                    |
| 31       | Ali-Sus | —            | R                       | 19,62                            | 20,73                   | 26               | 10,91           | 2,08                 | 284,50               | 0,162                  | —                    |
| 32       | Ali-Ama | —            | N                       | 7,30                             | 8,99                    | —                | 10,91           | 2,00                 | 256,00               | -0,117                 | —                    |
| 33       | Áng-Anc | 152          | N                       | 10,28                            | 12,17                   | —                | 6,36            | 1,57                 | 217,50               | 0,207                  | 0,484                |
| 34       | Ali-Sus | —            | N                       | 12,30                            | 14,24                   | 62               | 10,52           | 2,02                 | 285,00               | -0,071                 | —                    |
| 35       | Ali-Anc | —            | N                       | 12,50                            | 14,19                   | —                | 10,52           | 1,97                 | 283,00               | 0,007                  | —                    |
| 36       | Ali-Sus | —            | N                       | 21,60                            | 22,12                   | 43               | 11,44           | 2,27                 | 297,00               | 0,018                  | —                    |
| 37       | F.Línea | —            | N                       | 12,05                            | 13,98                   | —                | 11,44           | 2,22                 | 174,50               | 0,066                  | —                    |

### 3.6 Cuadro nº 9: Elección de apoyos

| Apoyo<br>nº | Tipo    | Valor<br>ángulo<br>(Sexa.) | Coe.<br>de<br>seg. | Zon<br>a | Altura<br>libre<br>m | Monta.<br>y sep.<br>condu. | Esfuerzo por fase y tierra |        |                |               |               | Refer.<br>del<br>apoyo | Árbol de cargas del apoyo |                      |                      |        |                |               |               | Utiliza.<br>del<br>apoyo<br>% | Sepa.<br>fases<br>norma.<br>m | Altura<br>de<br>refere.<br>m | Altura<br>libre<br>real<br>m |
|-------------|---------|----------------------------|--------------------|----------|----------------------|----------------------------|----------------------------|--------|----------------|---------------|---------------|------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|--------|----------------|---------------|---------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | Hipót.                     | Condu. | Esfuerzo       |               |               |                        | Hipót.                    | Coe.<br>seg.<br>apo. | Coe.<br>seg.<br>real | Condu. | Esfuerzo       |               |               |                               |                               |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            |                            |        | Vertic.<br>daN | Trans.<br>DaN | Longi.<br>daN |                        |                           |                      |                      |        | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Longi.<br>daN |                               |                               |                              |                              |
| 1           | P.Línea | —                          | N                  | B        | 11,39                | Tres.<br>2,32              | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 52             | 167           | 1225          | C-7000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,20                 | Fase   | 400            | 384           | 2176          | 53,48                         | 2,40                          | 18,00                        | 11,98                        |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 2ª<br>Hielo                | Fase   | 130            | —             | 1408          |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | 2,23                 | Fase   | 400            | —             | 2720          | 51,36                         |                               |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 3ª<br>D.T.                 | Fase   | —              | —             | —             |                        | 3ª<br>D.T.                | 1,5                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             | —                             |                               |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 4ª<br>R.C.                 | Fase   | 65/130         | —             | 1408          |                        | 4ª<br>R.C.                | 1,2                  | 1,21                 | Fase   | 400/400        | —             | 1418          | 99,31                         |                               |                              |                              |
| 2           | Ali-Ama | —                          | N                  | B        | 16,33                | Tres.<br>2,32              | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 216            | 222           | —             | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,14                 | Fase   | 250            | 412           | —             | 57,38                         | 2,40                          | 22,00                        | 16,78                        |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 2ª<br>Hielo                | Fase   | 546            | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | 2,69                 | Fase   | 546            | —             | —             | 20,84                         |                               |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 3ª<br>D.T.                 | Fase   | 546            | —             | 211           |                        | 3ª<br>D.T.                | 1,5                  | 1,85                 | Fase   | 546            | —             | 310           | 76,42                         |                               |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 4ª<br>R.C.                 | Fase   | —              | —             | —             |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             | —                             |                               |                              |                              |
| 3           | Ali-Sus | —                          | N                  | B        | 9,00                 | Tres.<br>1,33              | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 108            | 133           | —             | C-500                  | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,07                 | Fase   | 250            | 199           | —             | 62,06                         | 2,40                          | 16,00                        | 10,61                        |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 2ª<br>Hielo                | Fase   | 273            | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | 2,72                 | Fase   | 273            | —             | —             | 18,34                         |                               |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 3ª<br>D.T.                 | Fase   | 273            | —             | 111           |                        | 3ª<br>D.T.                | 1,5                  | 1,96                 | Fase   | 273            | —             | 184           | 69,38                         |                               |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 4ª<br>R.C.                 | Fase   | —              | —             | —             |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             | —                             |                               |                              |                              |
| 4           | Ali-Sus | —                          | N                  | B        | 18,98                | Tres.<br>2,25              | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 79             | 236           | —             | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,18                 | Fase   | 250            | 412           | —             | 54,41                         | 2,40                          | 26,00                        | 20,16                        |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 2ª<br>Hielo                | Fase   | 202            | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | 2,88                 | Fase   | 250            | —             | —             | 7,70                          |                               |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase   | 202            | —             | 111           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,46                 | Fase   | 250            | —             | 369           | 36,07                         |                               |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 4ª<br>R.C.                 | Fase   | —              | —             | —             |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             | —                             |                               |                              |                              |

### 3.7 Cuadro nº 9: Elección de apoyos

| Apoyo<br>n° | Tipo    | Valor<br>ángulo<br>(Sexa.) | Coe.<br>de<br>seg. | Zon<br>a | Altura<br>libre<br>m | Monta.<br>y sep.<br>condu. | Esfuerzo por fase y tierra |        |                |               |               | Refer.<br>del<br>apoyo | Árbol de cargas del apoyo |                      |                      |        |                |               |               | Utiliza.<br>del<br>apoyo<br>% | Separ.<br>fases<br>norma.<br>m | Altura<br>de<br>refere.<br>m | Altura<br>libre<br>real<br>m |
|-------------|---------|----------------------------|--------------------|----------|----------------------|----------------------------|----------------------------|--------|----------------|---------------|---------------|------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|--------|----------------|---------------|---------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | Hipót.                     | Condu. | Esfuerzo       |               |               |                        | Hipót.                    | Coe.<br>seg.<br>apo. | Coe.<br>seg.<br>real | Condu. | Esfuerzo       |               |               |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            |                            |        | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Longi.<br>daN |                        |                           |                      |                      |        | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Longi.<br>daN |                               |                                |                              |                              |
| 5           | Ali-Sus | —                          | N                  | B        | 15,96                | Tres.<br><br>2,25          | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 132            | 284           | —             | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 1,99                 | Fase   | 250            | 412           | —             | 67,17                         | 2,40                           | 24,00                        | 18,17                        |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 2ª<br>Hielo                | Fase   | 339            | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | 2,81                 | Fase   | 339            | —             | —             | 12,93                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 3ª<br>D.T.                 | Fase   | 339            | —             | 111           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,36                 | Fase   | 339            | —             | 351           | 42,60                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 4ª<br>R.C.                 | Fase   | —              | —             | —             |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             | —                             |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |
| 6           | Ali-Sus | —                          | N                  | B        | 17,91                | Tres.<br><br>1,94          | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 107            | 236           | —             | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,16                 | Fase   | 250            | 412           | —             | 55,71                         | 2,40                           | 26,00                        | 20,16                        |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 2ª<br>Hielo                | Fase   | 273            | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | 2,84                 | Fase   | 273            | —             | —             | 10,42                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 3ª<br>D.T.                 | Fase   | 273            | —             | 111           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,41                 | Fase   | 273            | —             | 364           | 39,47                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 4ª<br>R.C.                 | Fase   | —              | —             | —             |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             | —                             |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |
| 7           | Ali-Sus | —                          | N                  | B        | 12,53                | Tres.<br><br>2,08          | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 107            | 247           | —             | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,13                 | Fase   | 250            | 412           | —             | 58,18                         | 2,40                           | 20,00                        | 14,24                        |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 2ª<br>Hielo                | Fase   | 274            | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | 2,84                 | Fase   | 274            | —             | —             | 10,46                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 3ª<br>D.T.                 | Fase   | 274            | —             | 111           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,41                 | Fase   | 274            | —             | 364           | 39,52                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 4ª<br>R.C.                 | Fase   | —              | —             | —             |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             | —                             |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |
| 8           | Ali-Sus | —                          | N                  | B        | 15,78                | Tres.<br><br>3,22          | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 168            | 370           | —             | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 1,69                 | Fase   | 250            | 412           | —             | 87,35                         | 3,46                           | 24,00                        | 16,97                        |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 2ª<br>Hielo                | Fase   | 431            | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | 2,75                 | Fase   | 431            | —             | —             | 16,45                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 3ª<br>D.T.                 | Fase   | 431            | —             | 111           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,29                 | Fase   | 431            | —             | 332           | 47,00                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 4ª<br>R.C.                 | Fase   | —              | —             | —             |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             | —                             |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |

### 3.8 Cuadro nº 9: Elección de apoyos

| Apoyo<br>nº | Tipo    | Valor<br>ángulo<br>(Sexa.) | Coe.<br>de<br>seg. | Zon<br>a | Altura<br>libre<br>m | Monta.<br>y sep.<br>condu. | Esfuerzo por fase y tierra |        |                |               |               | Refer.<br>del<br>apoyo | Arbol de cargas del apoyo |                      |                      |        |                |               |               | Utiliza.<br>del<br>apoyo<br>% | Separ.<br>fases<br>norma.<br>m | Altura<br>de<br>refere.<br>m | Altura<br>libre<br>real<br>m |
|-------------|---------|----------------------------|--------------------|----------|----------------------|----------------------------|----------------------------|--------|----------------|---------------|---------------|------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|--------|----------------|---------------|---------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | Hipót.                     | Condu. | Esfuerzo       |               |               |                        | Hipót.                    | Coe.<br>seg.<br>apo. | Coe.<br>seg.<br>real | Condu. | Esfuerzo       |               |               |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            |                            |        | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Longi.<br>daN |                        |                           |                      |                      |        | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Longi.<br>daN |                               |                                |                              |                              |
| 9           | Ali-Anc | —                          | N                  | B        | 11,89                | Tres.                      | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 227            | 507           | —             | C-4500                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,52                 | Fase   | 270            | 1650          | —             | 32,15                         | 3,84                           | 20,00                        | 13,01                        |
|             |         |                            |                    |          |                      | 3,76                       | 2ª<br>Hielo                | Fase   | 580            | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | 2,92                 | Fase   | 580            | —             | —             | 5,40                          |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 3ª<br>D.T.                 | Fase   | 580            | —             | 693           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,17                 | Fase   | 580            | —             | 1335          | 55,12                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 4ª<br>R.C.                 | Fase   | 290/580        | —             | 1385          |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,29                 | Fase   | 270/270        | —             | 1501          | 92,29                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |
| 10          | Ali-Sus | —                          | N                  | B        | 16,19                | Tres.                      | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 273            | 449           | —             | C-2000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,09                 | Fase   | 273            | 767           | —             | 60,81                         | 4,66                           | 24,00                        | 16,59                        |
|             |         |                            |                    |          |                      | 3,79                       | 2ª<br>Hielo                | Fase   | 701            | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | 2,80                 | Fase   | 701            | —             | —             | 13,45                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 3ª<br>D.T.                 | Fase   | 701            | —             | 110           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,51                 | Fase   | 701            | —             | 578           | 32,69                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 4ª<br>R.C.                 | Fase   | —              | —             | —             |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             | —                             |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |
| 11          | Ali-Sus | —                          | N                  | B        | 7,22                 | Tres.                      | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 129            | 334           | —             | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 1,83                 | Fase   | 250            | 412           | —             | 77,85                         | 3,10                           | 16,00                        | 9,16                         |
|             |         |                            |                    |          |                      | 2,53                       | 2ª<br>Hielo                | Fase   | 331            | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | 2,81                 | Fase   | 331            | —             | —             | 12,64                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 3ª<br>D.T.                 | Fase   | 331            | —             | 110           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,37                 | Fase   | 331            | —             | 352           | 42,15                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 4ª<br>R.C.                 | Fase   | —              | —             | —             |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             | —                             |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |
| 12          | Ali-Sus | —                          | N                  | B        | 7,48                 | Tres.                      | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 148            | 329           | —             | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 1,83                 | Fase   | 250            | 412           | —             | 77,68                         | 3,10                           | 16,00                        | 9,16                         |
|             |         |                            |                    |          |                      | 2,47                       | 2ª<br>Hielo                | Fase   | 380            | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | 2,78                 | Fase   | 380            | —             | —             | 14,50                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 3ª<br>D.T.                 | Fase   | 380            | —             | 110           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,33                 | Fase   | 380            | —             | 343           | 44,48                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase   | —              | —             | —             |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             | —                             |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |

### 3.9 Cuadro nº 9: Elección de apoyos

| Apoyo<br>nº | Tipo    | Valor<br>ángulo<br>(Sexa.) | Coe.<br>de<br>seg. | Zon<br>a | Altura<br>libre<br>m | Monta.<br>y sep.<br>condu. | Esfuerzo por fase y tierra |        |                |               |               | Refer.<br>del<br>apoyo | Arbol de cargas del apoyo |                      |                      |        |                |               |               | Utiliza.<br>del<br>apoyo<br>% | Separ.<br>fases<br>norma.<br>m | Altura<br>de<br>refere.<br>m | Altura<br>libre<br>real<br>m |
|-------------|---------|----------------------------|--------------------|----------|----------------------|----------------------------|----------------------------|--------|----------------|---------------|---------------|------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|--------|----------------|---------------|---------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | Hipót.                     | Condu. | Esfuerzo       |               |               |                        | Hipót.                    | Coe.<br>seg.<br>apo. | Coe.<br>seg.<br>real | Condu. | Esfuerzo       |               |               |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            |                            |        | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Longi.<br>daN |                        |                           |                      |                      |        | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Longi.<br>daN |                               |                                |                              |                              |
| 13          | Ali-Sus | —                          | N                  | B        | 8,20                 | Tres.                      | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 144            | 270           | —             | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,03                 | Fase   | 250            | 412           | —             | 64,69                         | 3,10                           | 16,00                        | 9,16                         |
|             |         |                            |                    |          |                      | 2,47                       | 2ª<br>Hielo                | Fase   | 369            | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | 2,79                 | Fase   | 369            | —             | —             | 14,09                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase   | 369            | —             | 110           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,34                 | Fase   | 369            | —             | 345           | 43,97                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase   | —              | —             | —             |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             | —                             |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |
| 14          | Ali-Sus | —                          | N                  | B        | 17,04                | Tres.                      | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 158            | 265           | —             | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,04                 | Fase   | 250            | 412           | —             | 64,19                         | 2,40                           | 24,00                        | 18,17                        |
|             |         |                            |                    |          |                      | 2,40                       | 2ª<br>Hielo                | Fase   | 404            | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | 2,77                 | Fase   | 404            | —             | —             | 15,43                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase   | 404            | —             | 110           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,32                 | Fase   | 404            | —             | 338           | 45,63                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase   | —              | —             | —             |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             | —                             |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |
| 15          | Ali-Sus | —                          | N                  | B        | 10,47                | Tres.                      | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 145            | 283           | —             | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 1,99                 | Fase   | 250            | 412           | —             | 67,47                         | 2,40                           | 18,00                        | 12,27                        |
|             |         |                            |                    |          |                      | 2,40                       | 2ª<br>Hielo                | Fase   | 373            | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | 2,79                 | Fase   | 373            | —             | —             | 14,22                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase   | 373            | —             | 110           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,34                 | Fase   | 373            | —             | 344           | 44,13                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase   | —              | —             | —             |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             | —                             |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |
| 16          | Ali-Sus | —                          | N                  | B        | 10,24                | Tres.                      | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 122            | 207           | —             | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,25                 | Fase   | 250            | 412           | —             | 50,21                         | 2,40                           | 18,00                        | 12,27                        |
|             |         |                            |                    |          |                      | 1,75                       | 2ª<br>Hielo                | Fase   | 313            | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | 2,82                 | Fase   | 313            | —             | —             | 11,94                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase   | 313            | —             | 110           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,38                 | Fase   | 313            | —             | 356           | 41,27                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase   | —              | —             | —             |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             | —                             |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |

### 3.10 Cuadro nº 9: Elección de apoyos

| Apoyo<br>nº | Tipo    | Valor<br>ángulo<br>(Sexa.) | Coe.<br>de<br>seg. | Zon<br>a | Altura<br>libre<br>m | Monta.<br>y sep.<br>condu. | Esfuerzo por fase y tierra |        |                |               |               | Refer.<br>del<br>apoyo | Arbol de cargas del apoyo |                      |                      |        |                |               |               | Utiliza.<br>del<br>apoyo<br>% | Separ.<br>fases<br>norma.<br>m | Altura<br>de<br>refere.<br>m | Altura<br>libre<br>real<br>m |
|-------------|---------|----------------------------|--------------------|----------|----------------------|----------------------------|----------------------------|--------|----------------|---------------|---------------|------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|--------|----------------|---------------|---------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | Hipót.                     | Condu. | Esfuerzo       |               |               |                        | Hipót.                    | Coe.<br>seg.<br>apo. | Coe.<br>seg.<br>real | Condu. | Esfuerzo       |               |               |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            |                            |        | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Longi.<br>daN |                        |                           |                      |                      |        | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Longi.<br>daN |                               |                                |                              |                              |
| 17          | Ali-Anc | —                          | N                  | B        | 9,71                 | Tres.<br><br>1,68          | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 92             | 213           | —             | C-3000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,71                 | Fase   | 270            | 1134          | —             | 19,37                         | 2,40                           | 16,00                        | 10,53                        |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 2ª<br>Hielo                | Fase   | 229            | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | 2,95                 | Fase   | 270            | —             | —             | 3,03                          |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase   | 229            | —             | 699           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 1,90                 | Fase   | 270            | —             | 963           | 73,18                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase   | 115/2<br>29    | —             | 1399          |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,20                 | Fase   | 270/2<br>70    | —             | 1399          | 99,99                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |
| 18          | Ali-Sus | —                          | N                  | B        | 11,12                | Tres.<br><br>2,28          | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 125            | 273           | —             | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,03                 | Fase   | 250            | 412           | —             | 64,57                         | 2,40                           | 18,00                        | 12,27                        |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 2ª<br>Hielo                | Fase   | 319            | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | 2,82                 | Fase   | 319            | —             | —             | 12,19                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase   | 319            | —             | 112           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,37                 | Fase   | 319            | —             | 355           | 41,93                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase   | —              | —             | —             |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             | —                             |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |
| 19          | Ali-Sus | —                          | N                  | B        | 21,24                | Tres.<br><br>2,98          | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 192            | 369           | —             | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 1,68                 | Fase   | 250            | 412           | —             | 88,21                         | 3,10                           | 30,00                        | 22,89                        |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 2ª<br>Hielo                | Fase   | 492            | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | 2,72                 | Fase   | 492            | —             | —             | 18,80                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase   | 492            | —             | 112           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,25                 | Fase   | 492            | —             | 320           | 50,19                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase   | —              | —             | —             |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             | —                             |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |
| 20          | Ali-Sus | —                          | N                  | B        | 20,09                | Tres.<br><br>2,98          | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 235            | 376           | —             | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 1,63                 | Fase   | 250            | 412           | —             | 91,62                         | 3,10                           | 28,00                        | 20,93                        |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 2ª<br>Hielo                | Fase   | 603            | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | 2,65                 | Fase   | 603            | —             | —             | 23,02                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase   | 603            | —             | 112           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,17                 | Fase   | 603            | —             | 298           | 55,47                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase   | —              | —             | —             |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             | —                             |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |

### 3.11 Cuadro nº 9: Elección de apoyos

| Apoyo<br>nº | Tipo    | Valor<br>ángulo<br>(Sexa.) | Coe.<br>de<br>seg. | Zon<br>a    | Altura<br>libre<br>m | Monta.<br>y sep.<br>condu. | Esfuerzo por fase y tierra |        |                |               |               | Refer.<br>del<br>apoyo | Arbol de cargas del apoyo |                      |                      |        |                |               |               | Utiliza.<br>del<br>apoyo<br>% | Separ.<br>fases<br>norma.<br>m | Altura<br>de<br>refere.<br>m | Altura<br>libre<br>real<br>m |
|-------------|---------|----------------------------|--------------------|-------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|--------|----------------|---------------|---------------|------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|--------|----------------|---------------|---------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|             |         |                            |                    |             |                      |                            | Hipót.                     | Condu. | Esfuerzo       |               |               |                        | Hipót.                    | Coe.<br>seg.<br>apo. | Coe.<br>seg.<br>real | Condu. | Esfuerzo       |               |               |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            |                            |        | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Longi.<br>daN |                        |                           |                      |                      |        | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Longi.<br>daN |                               |                                |                              |                              |
| 21          | Ali-Sus | —                          | N                  | B           | 19,43                | Tres.                      | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 171            | 306           | —             | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 1,89                 | Fase   | 250            | 412           | —             | 73,68                         | 2,40                           | 26,00                        | 20,16                        |
|             |         |                            |                    |             |                      | 2,37                       | 2ª<br>Hielo                | Fase   | 439            | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | 2,75                 | Fase   | 439            | —             | —             | 16,74                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase   | 439            | —             | 112           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,29                 | Fase   | 439            | —             | 331           | 47,62                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase   | —              | —             | —             |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             | —                             |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |
| 22          | Ali-Sus | —                          | N                  | B           | 14,27                | Tres.                      | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 104            | 262           | —             | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,08                 | Fase   | 250            | 412           | —             | 61,31                         | 2,40                           | 22,00                        | 16,18                        |
|             |         |                            |                    |             |                      | 2,07                       | 2ª<br>Hielo                | Fase   | 266            | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | 2,85                 | Fase   | 266            | —             | —             | 10,16                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase   | 266            | —             | 112           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,41                 | Fase   | 266            | —             | 365           | 39,40                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase   | —              | —             | —             |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             | —                             |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |
| 23          | Ali-Anc | —                          | N                  | B<br>Y<br>A | 13,20                | Tres.                      | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 212            | 263           | —             | C-3000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,62                 | Fase   | 270            | 1134          | —             | 25,31                         | 2,40                           | 20,00                        | 14,45                        |
|             |         |                            |                    |             |                      | 1,89                       | 2ª<br>Hielo                | Fase   | 289            | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | 2,94                 | Fase   | 289            | —             | —             | 3,82                          |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase   | 289            | —             | 699           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 1,89                 | Fase   | 289            | —             | 959           | 74,16                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase   | 144/2<br>89    | —             | 1399          |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,20                 | Fase   | 270/2<br>70    | —             | 1399          | 99,99                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |
| 24          | Ali-Anc | —                          | N                  | A           | 11,53                | Tres.                      | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 39             | 374           | —             | C-3000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,52                 | Fase   | 270            | 1134          | —             | 32,27                         | 3,46                           | 20,00                        | 13,15                        |
|             |         |                            |                    |             |                      | 3,24                       | 2ª<br>Hielo                | Fase   | —              | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             | —                             |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase   | 39             | —             | 692           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 1,96                 | Fase   | 270            | —             | 963           | 69,28                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase   | 20/39          | —             | 1384          |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,21                 | Fase   | 270/2<br>70    | —             | 1399          | 98,90                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |



### 3.12 Cuadro nº 9: Elección de apoyos

| Apoyo<br>nº | Tipo    | Valor<br>ángulo<br>(Sexa.) | Coe.<br>de<br>seg. | Zon<br>a | Altura<br>libre<br>m | Monta.<br>y sep.<br>condu. | Esfuerzo por fase y tierra |        |                |               |               | Refer.<br>del<br>apoyo | Arbol de cargas del apoyo |                      |                      |        |                |               |               | Utiliza.<br>del<br>apoyo<br>% | Separ.<br>fases<br>norma.<br>m | Altura<br>de<br>refere.<br>m | Altura<br>libre<br>real<br>m |       |
|-------------|---------|----------------------------|--------------------|----------|----------------------|----------------------------|----------------------------|--------|----------------|---------------|---------------|------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|--------|----------------|---------------|---------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------|
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | Hipót.                     | Condu. | Esfuerzo       |               |               |                        | Hipót.                    | Coe.<br>seg.<br>apo. | Coe.<br>seg.<br>real | Condu. | Esfuerzo       |               |               |                               |                                |                              |                              |       |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            |                            |        | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Longi.<br>daN |                        |                           |                      |                      |        | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Longi.<br>daN |                               |                                |                              |                              |       |
| 25          | Ali-Ama | —                          | N                  | A        | 12,46                | Tres.<br><br>3,24          | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 201            | 355           | —             | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 1,72                 | Fase   | 250            | 412           | —             | 85,46                         | 3,46                           | 20,00                        | 13,63                        |       |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 2ª<br>Hielo                | Fase   | —              | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             |                               |                                |                              |                              |       |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase   | 201            | —             | 208           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,11                 | Fase   | 250            | —             | 369           |                               |                                |                              |                              | 59,09 |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase   | —              | —             | —             |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             |                               |                                |                              |                              |       |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |       |
| 26          | Ali-Sus | —                          | N                  | A        | 14,24                | Tres.<br><br>2,05          | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 132            | 249           | —             | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,10                 | Fase   | 250            | 412           | —             | 59,71                         | 2,40                           | 22,00                        | 16,18                        |       |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 2ª<br>Hielo                | Fase   | —              | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             |                               |                                |                              |                              |       |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase   | 132            | —             | 105           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,53                 | Fase   | 250            | —             | 369           |                               |                                |                              |                              | 31,32 |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase   | —              | —             | —             |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             |                               |                                |                              |                              |       |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |       |
| 27          | Ali-Sus | —                          | N                  | A        | 14,24                | Tres.<br><br>2,05          | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 164            | 265           | —             | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,03                 | Fase   | 250            | 412           | —             | 64,39                         | 2,40                           | 22,00                        | 16,18                        |       |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 2ª<br>Hielo                | Fase   | —              | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             |                               |                                |                              |                              |       |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase   | 164            | —             | 105           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,51                 | Fase   | 250            | —             | 369           |                               |                                |                              |                              | 32,87 |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase   | —              | —             | —             |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             |                               |                                |                              |                              |       |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |       |
| 28          | Ali-Sus | —                          | N                  | A        | 12,37                | Tres.<br><br>2,04          | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 82             | 253           | —             | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,13                 | Fase   | 250            | 412           | —             | 58,30                         | 2,40                           | 20,00                        | 14,24                        |       |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 2ª<br>Hielo                | Fase   | —              | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             |                               |                                |                              |                              |       |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase   | 82             | —             | 105           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,57                 | Fase   | 250            | —             | 369           |                               |                                |                              |                              | 28,96 |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase   | —              | —             | —             |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             |                               |                                |                              |                              |       |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |       |

### 3.13 Cuadro nº 9: Elección de apoyos

| Apoyo<br>nº | Tipo    | Valor<br>ángulo<br>(Sexa.) | Coe.<br>de<br>seg. | Zon<br>a    | Altura<br>libre<br>m | Monta.<br>y sep.<br>condu. | Esfuerzo por fase y tierra |        |                |               |               | Refer.<br>del<br>apoyo | Arbol de cargas del apoyo |                      |                      |        |                |               |               | Utiliza.<br>del<br>apoyo<br>% | Separ.<br>fases<br>norma.<br>m | Altura<br>de<br>refere.<br>m | Altura<br>libre<br>real<br>m |       |
|-------------|---------|----------------------------|--------------------|-------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|--------|----------------|---------------|---------------|------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|--------|----------------|---------------|---------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------|
|             |         |                            |                    |             |                      |                            | Hipót.                     | Condu. | Esfuerzo       |               |               |                        | Hipót.                    | Coe.<br>seg.<br>apo. | Coe.<br>seg.<br>real | Condu. | Esfuerzo       |               |               |                               |                                |                              |                              |       |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            |                            |        | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Longi.<br>daN |                        |                           |                      |                      |        | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Longi.<br>daN |                               |                                |                              |                              |       |
| 29          | Ali-Sus | —                          | N                  | A           | 12,44                | Tres.                      | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 147            | 277           | —             | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,01                 | Fase   | 250            | 412           | —             | 66,25                         | 2,40                           | 20,00                        | 14,24                        |       |
|             |         |                            |                    |             |                      | 2,36                       | 2ª<br>Hielo                | Fase   | —              | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             |                               |                                |                              |                              |       |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase   | 147            | —             | 105           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,52                 | Fase   | 250            | —             | 369           |                               |                                |                              |                              | 32,02 |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase   | —              | —             | —             |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             |                               |                                |                              |                              |       |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |       |
| 30          | Ali-Anc | —                          | R                  | A<br>Y<br>B | 11,12                | Tres.                      | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 111            | 323           | —             | C-4500                 | 1ª<br>Vien.               | 1,875                | 3,28                 | Fase   | 270            | 1311          | —             | 25,19                         | 3,10                           | 20,00                        | 13,01                        |       |
|             |         |                            |                    |             |                      | 2,13                       | 2ª<br>Hielo                | Fase   | 77             | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,875                | 3,73                 | Fase   | 270            | —             | —             |                               |                                |                              |                              | 0,90  |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase   | 77             | —             | 700           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,25                 | Fase   | 270            | —             | 1387          |                               |                                |                              |                              | 49,78 |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase   | 39/77          | —             | 1400          |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,40                 | Fase   | 270/270        | —             | 1683          |                               |                                |                              |                              | 83,17 |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |       |
| 31          | Ali-Sus | —                          | R                  | B           | 19,62                | Tres.                      | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 229            | 268           | —             | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,875                | 2,16                 | Fase   | 250            | 319           | —             | 84,81                         | 3,10                           | 28,00                        | 20,73                        |       |
|             |         |                            |                    |             |                      | 2,08                       | 2ª<br>Hielo                | Fase   | 559            | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,875                | 3,25                 | Fase   | 559            | —             | —             |                               |                                |                              |                              | 26,65 |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase   | 559            | —             | 112           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,20                 | Fase   | 559            | —             | 307           |                               |                                |                              |                              | 53,36 |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase   | —              | —             | —             |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             |                               |                                |                              |                              | —     |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |       |
| 32          | Ali-Ama | —                          | N                  | B           | 7,30                 | Tres.                      | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 50             | 226           | —             | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,23                 | Fase   | 250            | 412           | —             | 51,04                         | 2,40                           | 14,00                        | 8,99                         |       |
|             |         |                            |                    |             |                      | 2,00                       | 2ª<br>Hielo                | Fase   | 127            | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | 2,93                 | Fase   | 250            | —             | —             |                               |                                |                              |                              | 4,85  |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase   | 127            | —             | 210           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,16                 | Fase   | 250            | —             | 369           |                               |                                |                              |                              | 56,16 |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase   | —              | —             | —             |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             |                               |                                |                              |                              | —     |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |       |

### 3.14 Cuadro nº 9: Elección de apoyos

| Apoyo<br>nº | Tipo    | Valor<br>ángulo<br>(Sexa.) | Coe.<br>de<br>seg. | Zon<br>a    | Altura<br>libre<br>m | Monta.<br>y sep.<br>condu. | Esfuerzo por fase y tierra |        |                |               |               | Refer.<br>del<br>apoyo | Arbol de cargas del apoyo |                      |                      |        |                |               |               | Utiliza.<br>del<br>apoyo<br>% | Separ.<br>fases<br>norma.<br>m | Altura<br>de<br>refere.<br>m | Altura<br>libre<br>real<br>m |
|-------------|---------|----------------------------|--------------------|-------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|--------|----------------|---------------|---------------|------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|--------|----------------|---------------|---------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|             |         |                            |                    |             |                      |                            | Hipót.                     | Condu. | Esfuerzo       |               |               |                        | Hipót.                    | Coe.<br>seg.<br>apo. | Coe.<br>seg.<br>real | Condu. | Esfuerzo       |               |               |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            |                            |        | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Longi.<br>daN |                        |                           |                      |                      |        | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Longi.<br>daN |                               |                                |                              |                              |
| 33          | Áng-Anc | 152                        | N                  | B           | 10,28                | Tres.                      | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 212            | 779           | —             | C-7000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,54                 | Fase   | 400            | 2560          | —             | 30,91                         | 2,40                           | 18,00                        | 12,17                        |
|             |         |                            |                    |             |                      | 1,57                       | 2ª<br>Hielo                | Fase   | 532            | 669           | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | 2,60                 | Fase   | 532            | 2701          | —             | 26,84                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase   | 532            | 669           | 704           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,02                 | Fase   | 532            | 1056          | 1090          | 65,24                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase   | 266/532        | 335/669       | 1367          |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,82                 | Fase   | 400/400        | 1800/1800     | 2346          | 48,47                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |
| 34          | Ali-Sus | —                          | N                  | B           | 12,30                | Tres.                      | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 84             | 244           | —             | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,15                 | Fase   | 250            | 412           | —             | 56,44                         | 2,40                           | 20,00                        | 14,24                        |
|             |         |                            |                    |             |                      | 2,02                       | 2ª<br>Hielo                | Fase   | 215            | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | 2,88                 | Fase   | 250            | —             | —             | 8,22                          |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase   | 215            | —             | 113           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,44                 | Fase   | 250            | —             | 369           | 37,16                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase   | —              | —             | —             |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             | —                             |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |
| 35          | Ali-Anc | —                          | N                  | B<br>Y<br>A | 12,50                | Tres.                      | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 131            | 248           | —             | C-4500                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,76                 | Fase   | 270            | 1650          | —             | 15,94                         | 2,40                           | 20,00                        | 14,19                        |
|             |         |                            |                    |             |                      | 1,97                       | 2ª<br>Hielo                | Fase   | 212            | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | 2,97                 | Fase   | 270            | —             | —             | 1,97                          |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase   | 212            | —             | 704           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,23                 | Fase   | 270            | —             | 1387          | 51,64                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase   | 106/212        | —             | 1408          |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,40                 | Fase   | 270/270        | —             | 1683          | 83,68                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |
| 36          | Ali-Sus | —                          | N                  | A           | 21,60                | Tres.                      | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 139            | 254           | —             | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,08                 | Fase   | 250            | 412           | —             | 61,02                         | 2,40                           | 28,00                        | 22,12                        |
|             |         |                            |                    |             |                      | 2,27                       | 2ª<br>Hielo                | Fase   | —              | —             | —             |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             | —                             |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase   | 139            | —             | 105           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,5                  | 2,53                 | Fase   | 250            | —             | 369           | 31,64                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase   | —              | —             | —             |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | —                    | Fase   | —              | —             | —             | —                             |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |             |                      |                            |                            |        |                |               |               |                        |                           |                      |                      |        |                |               |               |                               |                                |                              |                              |

### 3.15 Cuadro n° 9: Elección de apoyos

| Apoyo<br>nº | Tipo    | Valor<br>ángulo<br>(Sexa.) | Coe.<br>de<br>seg. | Zon<br>a | Altura<br>libre<br>m | Monta.<br>y sep.<br>condu. | Esfuerzo por fase y tierra |        |                |               |                      | Refer.<br>del<br>apoyo | Arbol de cargas del apoyo |                      |                      |         |                |               |               | Utiliza.<br>del<br>apoyo<br>% | Sepa.<br>fases<br>norma.<br>m | Altura<br>de<br>refere.<br>m | Altura<br>libre<br>real<br>m |
|-------------|---------|----------------------------|--------------------|----------|----------------------|----------------------------|----------------------------|--------|----------------|---------------|----------------------|------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|---------|----------------|---------------|---------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|             |         |                            |                    |          |                      |                            | Hipót.                     | Condu. | Esfuerzo       |               |                      |                        | Hipót.                    | Coe.<br>seg.<br>apo. | Coe.<br>seg.<br>real | Condu.  | Esfuerzo       |               |               |                               |                               |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            |                            |        | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Longi.<br>daN        |                        |                           |                      |                      |         | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Longi.<br>daN |                               |                               |                              |                              |
| 37          | F.Línea | —                          | N                  | A        | 12,05                | Tres.                      | 1ª<br>Vien.                | Fase   | 38             | 152           | 1310                 | C-7000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,16                 | Fase    | 400            | 384           | 2176          | 56,07                         | 2,40                          | 20,00                        | 13,98                        |
|             |         |                            |                    |          |                      | 2,22                       | 2ª<br>Hielo                | Fase   | —              | —             | —                    |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | —                    | Fase    | —              | —             | —             | —                             |                               |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase                       | —      | —              | —             | 3ª<br>Dese.<br>trac. |                        | 1,5                       | —                    | Fase                 | —       | —              | —             | —             |                               |                               |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase                       | 19/38  | —              | 1310          | 4ª<br>Rotu.<br>cond. |                        | 1,2                       | 1,29                 | Fase                 | 400/400 | —              | 1418          | 92,42         |                               |                               |                              |                              |
|             |         |                            |                    |          |                      |                            |                            |        |                |               |                      |                        |                           |                      |                      |         |                |               |               |                               |                               |                              |                              |

### 3.16 Cuadro nº 10: Cálculo de cadenas de aisladores

| Apoyo nº | Tipo    | Cadena adoptada        | Cálculo eléctrico    |                 | Cálculo mecánico   |           |               |                 |            |
|----------|---------|------------------------|----------------------|-----------------|--------------------|-----------|---------------|-----------------|------------|
|          |         |                        | Nivel de aislamiento |                 | Datos para cálculo |           |               | Coef. seguridad |            |
|          |         |                        | Apoyo cm/kV          | Calculado cm/kV | C. rotura daN      | Pesos daN | T. máxima daN | C. normal.      | C. anorma. |
| 1        | P.Línea | LA110-20kV-ANC-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 130       | 1408          | 38,47           | 3,55       |
| 2        | Ali-Ama | LA110-20kV-ANC-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 546       | 1408          | 9,16            | 3,55       |
| 3        | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 273       | 693           | 18,29           | 7,22       |
| 4        | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 202       | 693           | 24,77           | 7,22       |
| 5        | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 339       | 693           | 14,76           | 7,22       |
| 6        | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 273       | 693           | 18,31           | 7,22       |
| 7        | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 274       | 693           | 18,24           | 7,22       |
| 8        | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 431       | 693           | 11,60           | 7,22       |
| 9        | Ali-Anc | LA110-20kV-ANC-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 580       | 1385          | 8,63            | 3,61       |
| 10       | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 701       | 690           | 7,13            | 7,24       |
| 11       | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 331       | 690           | 15,10           | 7,24       |
| 12       | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 380       | 690           | 13,16           | 7,24       |
| 13       | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 369       | 690           | 13,54           | 7,24       |
| 14       | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 404       | 690           | 12,37           | 7,24       |
| 15       | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 373       | 690           | 13,42           | 7,24       |
| 16       | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 313       | 690           | 15,99           | 7,24       |
| 17       | Ali-Anc | LA110-20kV-ANC-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 229       | 1399          | 21,82           | 3,57       |
| 18       | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 319       | 699           | 15,66           | 7,15       |
| 19       | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 492       | 699           | 10,15           | 7,15       |
| 20       | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 603       | 699           | 8,29            | 7,15       |
| 21       | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 439       | 699           | 11,40           | 7,15       |
| 22       | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 266       | 699           | 18,78           | 7,15       |
| 23       | Ali-Anc | LA110-20kV-ANC-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 212       | 1399          | 23,56           | 3,57       |
| 24       | Ali-Anc | LA110-20kV-ANC-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 39        | 1384          | 127,41          | 3,61       |
| 25       | Ali-Ama | LA110-20kV-ANC-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 201       | 1384          | 24,89           | 3,61       |
| 26       | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 132       | 656           | 37,89           | 7,63       |
| 27       | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 164       | 656           | 30,41           | 7,63       |
| 28       | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 82        | 656           | 60,63           | 7,63       |
| 29       | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 147       | 656           | 34,12           | 7,63       |
| 30       | Ali-Anc | LA110-20kV-ANC-DOB-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 111       | 1400          | 44,93           | 3,57       |
| 31       | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-DOB-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 559       | 700           | 8,95            | 7,14       |
| 32       | Ali-Ama | LA110-20kV-ANC-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 127       | 1400          | 39,32           | 3,57       |
| 33       | Ang-Anc | LA110-20kV-ANC-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 532       | 1367          | 9,40            | 3,66       |
| 34       | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 215       | 704           | 23,21           | 7,10       |
| 35       | Ali-Anc | LA110-20kV-ANC-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 131       | 1408          | 38,19           | 3,55       |
| 36       | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 139       | 655           | 35,94           | 7,63       |
| 37       | F.Línea | LA110-20kV-ANC-SIM-POL | 1,80                 | 3,03            | 5000               | 38        | 1310          | 131,69          | 3,82       |

### 3.17 Cuadro nº 11: Cálculo de cimentaciones

| Apoyo n° | Tipo    | Características de los apoyos |                      |                   | Viento sobre apoyos |             | Momentos de vuelco |                          |               |                                  | MV Total<br>/MV Real | Coefic. de compr. sibilid. daN/m² | Cimentación |             |           |                 |                |
|----------|---------|-------------------------------|----------------------|-------------------|---------------------|-------------|--------------------|--------------------------|---------------|----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|-------------|-------------|-----------|-----------------|----------------|
|          |         | Esfuerzo útil<br>daN          | Altura sobre terreno |                   | Esfuerzo<br>daN     | Altura<br>m | Conductor<br>daNm  | Viento sobre apoyos daNm | Total<br>daNm | Total absorbido cimentación daNm |                      |                                   | Lado A<br>m | Lado B<br>m | Alto<br>m | Volúmenes       |                |
|          |         |                               | Cogolla<br>m         | Resulta conduc. m |                     |             |                    |                          |               |                                  |                      |                                   |             |             |           | Excavaci.<br>m³ | Hormigón<br>m³ |
| 1        | P.Línea | 8160                          | 14,98                | 13.18             | —                   | —           | 123978             | —                        | 123978        | 187953                           | 1,52                 | 8                                 | 1,85        | 1,85        | 3,02      | 10,34           | 11,02          |
| 2        | Ali-Ama | 1236                          | 19,78                | 17.98             | 510                 | 11,48       | 24053              | 5855                     | 29907         | 45168                            | 1,51                 | 8                                 | 1,45        | 1,45        | 2,22      | 4,67            | 5,09           |
| 3        | Ali-Sus | 598                           | 14,22                | 11.81             | 340                 | 8,19        | 7769               | 2783                     | 10552         | 16135                            | 1,53                 | 8                                 | 1,20        | 1,20        | 1,78      | 2,56            | 2,85           |
| 4        | Ali-Sus | 1236                          | 23,77                | 21.36             | 561                 | 13,49       | 28242              | 7566                     | 35808         | 54390                            | 1,52                 | 8                                 | 1,65        | 1,65        | 2,23      | 6,07            | 6,62           |
| 5        | Ali-Sus | 1236                          | 21,78                | 19.37             | 527                 | 12,48       | 25774              | 6577                     | 32351         | 48839                            | 1,51                 | 8                                 | 1,54        | 1,54        | 2,22      | 5,26            | 5,74           |
| 6        | Ali-Sus | 1236                          | 23,77                | 21.36             | 561                 | 13,49       | 28242              | 7566                     | 35808         | 54390                            | 1,52                 | 8                                 | 1,65        | 1,65        | 2,23      | 6,07            | 6,62           |
| 7        | Ali-Sus | 1236                          | 17,85                | 15.44             | 435                 | 10,43       | 20859              | 4541                     | 25400         | 38497                            | 1,52                 | 8                                 | 1,40        | 1,40        | 2,15      | 4,21            | 4,61           |
| 8        | Ali-Sus | 1236                          | 22,98                | 19.37             | 527                 | 12,48       | 25774              | 6577                     | 32351         | 48839                            | 1,51                 | 8                                 | 1,54        | 1,54        | 2,22      | 5,26            | 5,74           |
| 9        | Ali-Anc | 4004                          | 18,41                | 15.41             | —                   | —           | 69140              | —                        | 69140         | 105026                           | 1,52                 | 8                                 | 1,45        | 1,45        | 2,79      | 5,87            | 6,29           |
| 10       | Ali-Sus | 2300                          | 22,60                | 18.99             | 748                 | 12,73       | 47671              | 9525                     | 57195         | 86580                            | 1,51                 | 8                                 | 1,54        | 1,54        | 2,60      | 6,17            | 6,64           |
| 11       | Ali-Sus | 1236                          | 13,97                | 10.96             | 340                 | 8,35        | 15223              | 2840                     | 18063         | 27097                            | 1,50                 | 8                                 | 1,25        | 1,25        | 2,03      | 3,17            | 3,48           |
| 12       | Ali-Sus | 1236                          | 13,97                | 10.96             | 340                 | 8,35        | 15223              | 2840                     | 18063         | 27097                            | 1,50                 | 8                                 | 1,25        | 1,25        | 2,03      | 3,17            | 3,48           |
| 13       | Ali-Sus | 1236                          | 13,97                | 10.96             | 340                 | 8,35        | 15223              | 2840                     | 18063         | 27097                            | 1,50                 | 8                                 | 1,25        | 1,25        | 2,03      | 3,17            | 3,48           |
| 14       | Ali-Sus | 1236                          | 21,78                | 19.37             | 527                 | 12,48       | 25774              | 6577                     | 32351         | 48839                            | 1,51                 | 8                                 | 1,54        | 1,54        | 2,22      | 5,26            | 5,74           |
| 15       | Ali-Sus | 1236                          | 15,88                | 13.47             | 374                 | 9,41        | 18400              | 3521                     | 21920         | 33301                            | 1,52                 | 8                                 | 1,30        | 1,30        | 2,12      | 3,58            | 3,92           |
| 16       | Ali-Sus | 1236                          | 15,88                | 13.47             | 374                 | 9,41        | 18400              | 3521                     | 21920         | 33301                            | 1,52                 | 8                                 | 1,30        | 1,30        | 2,12      | 3,58            | 3,92           |
| 17       | Ali-Anc | 2889                          | 13,53                | 11.73             | —                   | —           | 38645              | —                        | 38645         | 58489                            | 1,51                 | 8                                 | 1,30        | 1,30        | 2,47      | 4,17            | 4,51           |
| 18       | Ali-Sus | 1236                          | 15,88                | 13.47             | 374                 | 9,41        | 18400              | 3521                     | 21920         | 33301                            | 1,52                 | 8                                 | 1,30        | 1,30        | 2,12      | 3,58            | 3,92           |
| 19       | Ali-Sus | 1236                          | 27,70                | 24.69             | 714                 | 15,53       | 32416              | 11091                    | 43507         | 65586                            | 1,51                 | 8                                 | 1,75        | 1,75        | 2,30      | 7,04            | 7,66           |
| 20       | Ali-Sus | 1236                          | 25,74                | 22.73             | 629                 | 14,51       | 29960              | 9125                     | 39085         | 59328                            | 1,52                 | 8                                 | 1,70        | 1,70        | 2,26      | 6,53            | 7,11           |
| 21       | Ali-Sus | 1236                          | 23,77                | 21.36             | 561                 | 13,49       | 28242              | 7566                     | 35808         | 54390                            | 1,52                 | 8                                 | 1,65        | 1,65        | 2,23      | 6,07            | 6,62           |
| 22       | Ali-Sus | 1236                          | 19,79                | 17.38             | 510                 | 11,47       | 23306              | 5851                     | 29158         | 44444                            | 1,52                 | 8                                 | 1,45        | 1,45        | 2,21      | 4,65            | 5,07           |
| 23       | Ali-Anc | 2877                          | 17,45                | 15.65             | —                   | —           | 49916              | —                        | 49916         | 74955                            | 1,50                 | 8                                 | 1,45        | 1,45        | 2,55      | 5,36            | 5,78           |
| 24       | Ali-Anc | 2889                          | 18,55                | 15.55             | 641                 | 10,77       | 50028              | 6900                     | 56928         | 86525                            | 1,52                 | 8                                 | 1,45        | 1,45        | 2,65      | 5,57            | 5,99           |
| 25       | Ali-Ama | 1236                          | 19,03                | 16.03             | 435                 | 10,45       | 21601              | 4546                     | 26148         | 39795                            | 1,52                 | 8                                 | 1,40        | 1,40        | 2,17      | 4,25            | 4,65           |
| 26       | Ali-Sus | 1236                          | 19,79                | 17.38             | 510                 | 11,47       | 23306              | 5851                     | 29158         | 44444                            | 1,52                 | 8                                 | 1,45        | 1,45        | 2,21      | 4,65            | 5,07           |
| 27       | Ali-Sus | 1236                          | 19,79                | 17.38             | 510                 | 11,47       | 23306              | 5851                     | 29158         | 44444                            | 1,52                 | 8                                 | 1,45        | 1,45        | 2,21      | 4,65            | 5,07           |
| 28       | Ali-Sus | 1236                          | 17,85                | 15.44             | 435                 | 10,43       | 20859              | 4541                     | 25400         | 38497                            | 1,52                 | 8                                 | 1,40        | 1,40        | 2,15      | 4,21            | 4,61           |
| 29       | Ali-Sus | 1236                          | 17,85                | 15.44             | 435                 | 10,43       | 20859              | 4541                     | 25400         | 38497                            | 1,52                 | 8                                 | 1,40        | 1,40        | 2,15      | 4,21            | 4,61           |
| 30       | Ali-Anc | 4160                          | 17,21                | 14.81             | —                   | —           | 69339              | —                        | 69339         | 105026                           | 1,51                 | 8                                 | 1,45        | 1,45        | 2,79      | 5,87            | 6,29           |
| 31       | Ali-Sus | 957                           | 25,87                | 22.53             | 629                 | 14,42       | 22918              | 9070                     | 31988         | 48408                            | 1,51                 | 8                                 | 1,70        | 1,70        | 2,13      | 6,16            | 6,73           |
| 32       | Ali-Ama | 1236                          | 11,99                | 10.19             | 306                 | 7,34        | 14251              | 2246                     | 16497         | 24828                            | 1,50                 | 8                                 | 1,20        | 1,20        | 2,01      | 2,89            | 3,18           |
| 33       | Ang-Anc | 6436                          | 15,17                | 13.37             | —                   | —           | 98190              | —                        | 98190         | 147853                           | 1,51                 | 8                                 | 1,85        | 1,85        | 2,83      | 9,69            | 10,37          |
| 34       | Ali-Sus | 1236                          | 17,85                | 15.44             | 435                 | 10,43       | 20859              | 4541                     | 25400         | 38497                            | 1,52                 | 8                                 | 1,40        | 1,40        | 2,15      | 4,21            | 4,61           |
| 35       | Ali-Anc | 4160                          | 17,19                | 15.39             | —                   | —           | 71807              | —                        | 71807         | 107903                           | 1,50                 | 8                                 | 1,45        | 1,45        | 2,81      | 5,91            | 6,33           |
| 36       | Ali-Sus | 1236                          | 25,73                | 23.32             | 629                 | 14,51       | 30698              | 9129                     | 39827         | 60246                            | 1,51                 | 8                                 | 1,70        | 1,70        | 2,27      | 6,56            | 7,14           |
| 37       | F.Línea | 7680                          | 16,98                | 15.18             | 641                 | 10,51       | 132045             | 6738                     | 138783        | 210262                           | 1,52                 | 8                                 | 2,03        | 2,03        | 3,02      | 12,45           | 13,27          |

**3.18 Cuadro n° 13: Mediciones según cálculo**

|           |                                               |           |                            |
|-----------|-----------------------------------------------|-----------|----------------------------|
| <b>1</b>  | <b>Excavación para cimentación de apoyos</b>  | <b>m³</b> | <b>197,12</b>              |
| <b>2</b>  | <b>Hormigonado para cimentación de apoyos</b> | <b>m³</b> | <b>213,80</b>              |
| <b>3</b>  | <b>Longitud total de la línea</b>             | <b>m</b>  | <b>11945,02</b>            |
| <b>4</b>  | <b>Tipo de conductor</b>                      |           | <b>LA-110</b>              |
| <b>5</b>  | <b>Longitud de conductor</b>                  | <b>m</b>  | <b>35835,06</b>            |
| <b>6</b>  | <b>Peso total del conductor</b>               | <b>kg</b> | <b>15480,75</b>            |
| <b>7</b>  | <b>Cadenas de amarre de vidrio</b>            |           | <b>0</b>                   |
| <b>8</b>  | <b>Cadenas de amarre poliméricas</b>          |           | <b>72</b>                  |
| <b>9</b>  | <b>Cadenas de suspensión de vidrio</b>        |           | <b>0</b>                   |
| <b>10</b> | <b>Cadenas de suspensión poliméricas</b>      |           | <b>78</b>                  |
| <b>11</b> | <b>Toma de tierra con picas</b>               |           | <b>1</b>                   |
| <b>12</b> | <b>Toma de tierra en anillo</b>               |           | <b>36</b>                  |
| <b>13</b> | <b>Peso de los apoyos</b>                     | <b>kg</b> | <b>35662,00</b>            |
| <b>14</b> | <b>N° de tramos</b>                           |           | <b>11</b>                  |
| <b>15</b> | <b>N° vanos de regulación</b>                 |           | <b>11</b>                  |
| <b>16</b> | <b>Tipo de apoyos (Andel)</b>                 |           | <b>Andel Serie C</b>       |
| <b>17</b> | <b>N° de apoyos a instalar</b>                |           | <b>37</b>                  |
| <b>18</b> | <b>Zona de tendido A</b>                      | <b>m</b>  | <b>3015,14</b>             |
| <b>19</b> | <b>Zona de tendido B</b>                      | <b>m</b>  | <b>8929,88</b>             |
| <b>20</b> | <b>Zona de tendido C</b>                      | <b>m</b>  | <b>0,00</b>                |
| <b>21</b> | <b>Distancia mínima de seguridad adoptada</b> |           | <b>(V. n° 36)<br/>9,85</b> |

### 3.19 Cuadro nº 14: Cálculos eléctricos

| Designación | Sección<br>mm <sup>2</sup> | Diámetro<br>mm | Composición | Factor de corrección | Densidad de corriente del Aluminio<br>A/mm <sup>2</sup> | Densidad de corriente del Conduct.<br>A/mm <sup>2</sup> | Intensidad máxima<br>A | Resistencia kilométrica (20°C)<br>Ω/km | Resistencia kilométrica (50°C)<br>Ω/km | Inductancia kilométrica L <sub>k</sub><br>(H/km) | Reactancia de autoinducción X <sub>k</sub> | Designación | Distancia del 1 <sup>er</sup> al 3 <sup>er</sup> conductor<br>m | Separación al eje<br>m | D1<br>m | D2<br>m | D3<br>m | DMG<br>m | r'<br>mm |
|-------------|----------------------------|----------------|-------------|----------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------|---------|---------|---------|----------|----------|
| LA-110      | 116,20                     | 14             | 30+7        | 0,916                | 2,988                                                   | 2,737                                                   | 318,04                 | 0,479                                  | 0,5369                                 | 0,0012                                           | 0,3885                                     | TB240       | 2,4                                                             | 1,25                   | 2,4     | 2,773   | 2,773   | 2,642    | 5,451    |

| Primer Criterio    | Segundo Criterio (5%) |
|--------------------|-----------------------|
| Potencia máxima kW | Potencia máxima kW    |
| 8813,6             | 2021,3                |



### 3.20 Cuadro n° 15: Apoyos y crucetas normalizadas Andel S. A.

| Apoyo<br>n° | Apoyo elegido                                         |                          |                          |                      | Armado y cruceta elegida |                                |                               |                                       |                       |                            |                 |
|-------------|-------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------|
|             | Referencia del apoyo según<br>catálogo del fabricante | Altura<br>normaliz.<br>m | Recrecido<br>cabeza<br>m | Altura<br>total<br>m | Armado<br>base           | Longitud<br>cruce-<br>tas<br>m | Refere-<br>nc.<br>armad-<br>o | Separació-<br>n<br>cruce-<br>tas<br>m | Altura<br>cúpula<br>m | Referencia<br>cruce-<br>ta | Cruceta<br>tipo |
| 1           | Andel Serie C C-7000                                  | 18,00                    | —                        | 18,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-12                         | 1,20                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 2           | Andel Serie C C-1000                                  | 22,00                    | —                        | 22,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-12                         | 1,20                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 3           | Andel Serie C C-500                                   | 16,00                    | —                        | 16,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-12                         | 1,20                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 4           | Andel Serie C C-1000                                  | 26,00                    | —                        | 26,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-12                         | 1,20                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 5           | Andel Serie C C-1000                                  | 24,00                    | —                        | 24,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-12                         | 1,20                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 6           | Andel Serie C C-1000                                  | 26,00                    | —                        | 26,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-12                         | 1,20                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 7           | Andel Serie C C-1000                                  | 20,00                    | —                        | 20,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-12                         | 1,20                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 8           | Andel Serie C C-1000                                  | 24,00                    | 1,20                     | 25,20                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-24                         | 2,40                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 9           | Andel Serie C C-4500                                  | 20,00                    | 1,20                     | 21,20                | Tresbolillo              | 1,75/1,50                      | TB-24                         | 2,40                                  | —                     | TB45-S15                   | ATC-15          |
| 10          | Andel Serie C C-2000                                  | 24,00                    | 1,20                     | 25,20                | Tresbolillo              | 2,25/2,00                      | TB-24                         | 2,40                                  | —                     | TB45-S20                   | ATC-20          |
| 11          | Andel Serie C C-1000                                  | 16,00                    | —                        | 16,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-18                         | 1,80                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 12          | Andel Serie C C-1000                                  | 16,00                    | —                        | 16,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-18                         | 1,80                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 13          | Andel Serie C C-1000                                  | 16,00                    | —                        | 16,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-18                         | 1,80                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 14          | Andel Serie C C-1000                                  | 24,00                    | —                        | 24,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-12                         | 1,20                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 15          | Andel Serie C C-1000                                  | 18,00                    | —                        | 18,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-12                         | 1,20                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 16          | Andel Serie C C-1000                                  | 18,00                    | —                        | 18,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-12                         | 1,20                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 17          | Andel Serie C C-3000                                  | 16,00                    | —                        | 16,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-12                         | 1,20                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 18          | Andel Serie C C-1000                                  | 18,00                    | —                        | 18,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-12                         | 1,20                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 19          | Andel Serie C C-1000                                  | 30,00                    | —                        | 30,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-18                         | 1,80                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 20          | Andel Serie C C-1000                                  | 28,00                    | —                        | 28,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-18                         | 1,80                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 21          | Andel Serie C C-1000                                  | 26,00                    | —                        | 26,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-12                         | 1,20                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 22          | Andel Serie C C-1000                                  | 22,00                    | —                        | 22,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-12                         | 1,20                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 23          | Andel Serie C C-3000                                  | 20,00                    | —                        | 20,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-12                         | 1,20                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 24          | Andel Serie C C-3000                                  | 20,00                    | 1,20                     | 21,20                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-24                         | 2,40                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 25          | Andel Serie C C-1000                                  | 20,00                    | 1,20                     | 21,20                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-24                         | 2,40                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 26          | Andel Serie C C-1000                                  | 22,00                    | —                        | 22,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-12                         | 1,20                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 27          | Andel Serie C C-1000                                  | 22,00                    | —                        | 22,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-12                         | 1,20                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 28          | Andel Serie C C-1000                                  | 20,00                    | —                        | 20,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-12                         | 1,20                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 29          | Andel Serie C C-1000                                  | 20,00                    | —                        | 20,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-12                         | 1,20                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 30          | Andel Serie C C-4500                                  | 20,00                    | —                        | 20,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-18                         | 1,80                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 31          | Andel Serie C C-1000                                  | 28,00                    | —                        | 28,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-18                         | 1,80                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 32          | Andel Serie C C-1000                                  | 14,00                    | —                        | 14,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-12                         | 1,20                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 33          | Andel Serie C C-7000                                  | 18,00                    | —                        | 18,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-12                         | 1,20                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 34          | Andel Serie C C-1000                                  | 20,00                    | —                        | 20,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-12                         | 1,20                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 35          | Andel Serie C C-4500                                  | 20,00                    | —                        | 20,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-12                         | 1,20                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 36          | Andel Serie C C-1000                                  | 28,00                    | —                        | 28,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-12                         | 1,20                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |
| 37          | Andel Serie C C-7000                                  | 20,00                    | —                        | 20,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                      | TB-12                         | 1,20                                  | —                     | TB45-S12                   | ATC-12          |

### 3.21 Cuadro nº 16: Relación de materiales para presupuesto - Apoyos

Los apoyos normalizados Andel que figuran en este cuadro se han seleccionado en base a su resistencia mecánica superior en muchos casos a los esfuerzos nominales de la especificación AENOR EA 0015:2003, por lo tanto esta selección no es directamente aplicable a apoyos de la misma denominación UNESA de otros fabricantes.

| Cantidad | Apoyo elegido                                      |                    |                      |                  |
|----------|----------------------------------------------------|--------------------|----------------------|------------------|
|          | Referencia del apoyo según catálogo del fabricante | Altura normaliz. m | Recrecido cabeza daN | Altura total daN |
| 1        | Andel Serie C C-1000                               | 14,00              | —                    | 14,00            |
| 3        | Andel Serie C C-1000                               | 16,00              | —                    | 16,00            |
| 3        | Andel Serie C C-1000                               | 18,00              | —                    | 18,00            |
| 5        | Andel Serie C C-1000                               | 20,00              | —                    | 20,00            |
| 4        | Andel Serie C C-1000                               | 22,00              | —                    | 22,00            |
| 3        | Andel Serie C C-1000                               | 24,00              | —                    | 24,00            |
| 3        | Andel Serie C C-1000                               | 26,00              | —                    | 26,00            |
| 3        | Andel Serie C C-1000                               | 28,00              | —                    | 28,00            |
| 1        | Andel Serie C C-1000                               | 30,00              | —                    | 30,00            |
| 1        | Andel Serie C C-2000                               | 24,00              | 1,20                 | 25,20            |
| 1        | Andel Serie C C-3000                               | 16,00              | —                    | 16,00            |
| 2        | Andel Serie C C-3000                               | 20,00              | —                    | 20,00            |
| 3        | Andel Serie C C-4500                               | 20,00              | 1,20                 | 21,20            |
| 1        | Andel Serie C C-500                                | 16,00              | —                    | 16,00            |
| 2        | Andel Serie C C-7000                               | 18,00              | —                    | 18,00            |
| 1        | Andel Serie C C-7000                               | 20,00              | —                    | 20,00            |

### 3.22 Cuadro nº 17: Relación de materiales para presupuesto - Armados

Los apoyos normalizados Andel que figuran en este cuadro se han seleccionado en base a su resistencia mecánica superior en muchos casos a los esfuerzos nominales de la especificación AENOR EA 0015:2003, por lo tanto esta selección no es directamente aplicable a apoyos de la misma denominación UNESA de otros fabricantes.

| Cantidad | Armado y cruceta elegida |                  |                     |                       |                          |                    |              |
|----------|--------------------------|------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------|--------------|
|          | Armado base              | Referenc. armado | Longitud crucetas m | Separación crucetas m | Separación conductores m | Referencia cruceta | Cruceta tipo |
| 25       | Tresbolillo              | TB-12            | 1,25/1,50           | 1,20                  | 2,40                     | TB45-S12           | ATC-12       |
| 7        | Tresbolillo              | TB-18            | 1,25/1,50           | 1,80                  | 3,10                     | TB45-S12           | ATC-12       |
| 5        | Tresbolillo              | TB-24            | 1,25/1,50           | 2,40                  | 3,46                     | TB45-S12           | ATC-12       |

### 3.23 Cuadro n° 19: Cálculo de eolovanos y gravivanos

| Apoyo<br>n° | Tipo    | Valor<br>ángulo<br>(Sexa.) | Cota<br>apoyo<br>m | Altura<br>libre<br>m | Desni.<br>poster.<br>m | Vano<br>poster.<br>m | Tipo<br>de condu. | Eolo-<br>vano<br>m | 1ª Hipótesis<br>viento |               |              | 2ª Hipótesis<br>Hielo |               |              | Hipótesis de<br>flecha mínima |               |              |
|-------------|---------|----------------------------|--------------------|----------------------|------------------------|----------------------|-------------------|--------------------|------------------------|---------------|--------------|-----------------------|---------------|--------------|-------------------------------|---------------|--------------|
|             |         |                            |                    |                      |                        |                      |                   |                    | Gravi.<br>m            | P.ver.<br>daN | Tense<br>daN | Gravi.<br>m           | P.ver.<br>daN | Tense<br>daN | Gravi.<br>m                   | P.ver.<br>daN | Tense<br>daN |
| 1           | P.Línea | —                          | 690,17             | 11,39                | 23,22                  | 386,4                | Fase              | 193,18             | 131,47                 | 123,87        | 1224,78      | 1407,74               | 116,37        | 127,82       | 105,88                        | 44,86         | 617,07       |
| 2           | Ali-Ama | —                          | 708,46             | 16,33                | -15,16                 | 117,4                | Fase              | 251,88             | 444,48                 | 420,29        | 1205,34      | 1385,33               | 491,28        | 542,30       | 524,27                        | 223,18        | 608,62       |
| 3           | Ali-Sus | —                          | 700,63             | 9,00                 | -38,56                 | 188,6                | Fase              | 153,00             | 228,17                 | 217,19        | 1205,34      | 1385,33               | 246,62        | 275,33       | 259,60                        | 111,81        | 608,62       |
| 4           | Ali-Sus | —                          | 652,10             | 18,98                | -46,98                 | 361,1                | Fase              | 274,84             | 200,64                 | 191,52        | 1205,34      | 1385,33               | 181,95        | 203,77       | 169,20                        | 73,06         | 608,62       |
| 5           | Ali-Sus | —                          | 608,14             | 15,96                | -33,32                 | 304,3                | Fase              | 332,68             | 311,92                 | 295,17        | 1205,34      | 1385,33               | 307,06        | 339,60       | 303,46                        | 129,48        | 608,62       |
| 6           | Ali-Sus | —                          | 572,86             | 17,91                | -21,44                 | 247,2                | Fase              | 275,73             | 252,69                 | 238,61        | 1205,34      | 1385,33               | 247,24        | 272,63       | 243,26                        | 103,51        | 608,62       |
| 7           | Ali-Sus | —                          | 556,81             | 12,53                | -17,89                 | 331,3                | Fase              | 289,23             | 255,99                 | 241,82        | 1205,34      | 1385,33               | 247,98        | 273,47       | 242,29                        | 103,07        | 608,62       |
| 8           | Ali-Sus | —                          | 535,66             | 15,78                | -10,23                 | 538,8                | Fase              | 435,03             | 399,39                 | 378,12        | 1205,34      | 1385,33               | 390,85        | 431,71       | 384,74                        | 163,80        | 608,62       |
| 9           | Ali-Anc | —                          | 529,33             | 11,89                | 22,50                  | 643,3                | Fase              | 591,04             | 536,98                 | 508,90        | 1197,14      | 1380,72               | 523,71        | 578,63       | 516,00                        | 219,70        | 585,47       |
| 10          | Ali-Sus | —                          | 547,52             | 16,19                | -21,25                 | 413,7                | Fase              | 528,47             | 615,09                 | 584,67        | 1197,14      | 1380,72               | 636,36        | 705,94       | 647,13                        | 276,63        | 585,47       |
| 11          | Ali-Sus | —                          | 535,25             | 7,22                 | 8,15                   | 370,2                | Fase              | 391,95             | 318,06                 | 299,97        | 1197,14      | 1380,72               | 299,99        | 329,83       | 290,85                        | 123,36        | 585,47       |
| 12          | Ali-Sus | —                          | 543,14             | 7,48                 | 22,46                  | 403,5                | Fase              | 386,84             | 353,14                 | 333,35        | 1197,14      | 1380,72               | 344,71        | 379,48       | 340,52                        | 144,61        | 585,47       |
| 13          | Ali-Sus | —                          | 564,88             | 8,20                 | 9,43                   | 228,9                | Fase              | 316,19             | 330,53                 | 312,61        | 1197,14      | 1380,72               | 334,17        | 368,88       | 335,98                        | 143,05        | 585,47       |
| 14          | Ali-Sus | —                          | 565,47             | 17,04                | -1,36                  | 391,5                | Fase              | 310,21             | 355,22                 | 335,27        | 1197,14      | 1380,72               | 366,34        | 403,28       | 371,89                        | 157,93        | 585,47       |
| 15          | Ali-Sus | —                          | 570,68             | 10,47                | -2,32                  | 270,6                | Fase              | 331,06             | 336,19                 | 317,22        | 1197,14      | 1380,72               | 337,45        | 371,31       | 338,09                        | 143,51        | 585,47       |
| 16          | Ali-Sus | —                          | 568,59             | 10,24                | -8,77                  | 212,4                | Fase              | 241,51             | 274,55                 | 258,76        | 1197,14      | 1380,72               | 282,64        | 310,70       | 286,70                        | 121,61        | 585,47       |
| 17          | Ali-Anc | —                          | 560,35             | 9,71                 | -3,08                  | 269,9                | Fase              | 241,15             | 211,20                 | 198,99        | 1217,06      | 1398,85               | 203,81        | 223,95       | 200,68                        | 85,08         | 613,68       |
| 18          | Ali-Sus | —                          | 555,86             | 11,12                | 4,82                   | 369,7                | Fase              | 319,83             | 294,77                 | 277,92        | 1217,06      | 1398,85               | 288,71        | 317,41       | 284,44                        | 120,63        | 613,68       |
| 19          | Ali-Sus | —                          | 550,56             | 21,24                | 1,53                   | 498,4                | Fase              | 434,07             | 444,27                 | 420,03        | 1217,06      | 1398,85               | 446,74        | 492,59       | 448,48                        | 190,64        | 613,68       |
| 20          | Ali-Sus | —                          | 553,24             | 20,09                | -30,69                 | 386,5                | Fase              | 442,46             | 526,93                 | 499,11        | 1217,06      | 1398,85               | 547,12        | 604,81       | 561,53                        | 239,26        | 613,68       |
| 21          | Ali-Sus | —                          | 523,21             | 19,43                | -36,27                 | 330,7                | Fase              | 358,62             | 389,61                 | 368,63        | 1217,06      | 1398,85               | 397,05        | 438,78       | 402,30                        | 171,47        | 613,68       |
| 22          | Ali-Sus | —                          | 492,10             | 14,27                | -16,24                 | 283,4                | Fase              | 307,08             | 253,51                 | 239,24        | 1217,06      | 1398,85               | 240,75        | 265,19       | 231,63                        | 98,44         | 613,68       |
| 23          | Ali-Anc | —                          | 476,93             | 13,20                | -59,42                 | 318,2                | Fase              | 300,83             | 359,67                 | 340,09        | 1314,02      | —                     | —             | —            | 527,68                        | 226,02        | 707,32       |
| 24          | Ali-Anc | —                          | 419,18             | 11,53                | 34,50                  | 546,9                | Fase              | 432,54             | 185,92                 | 175,79        | 1383,68      | —                     | —             | —            | 23,74                         | 10,12         | 668,76       |
| 25          | Ali-Ama | —                          | 452,75             | 12,46                | 8,16                   | 272,3                | Fase              | 409,58             | 431,89                 | 408,65        | 1311,37      | —                     | —             | —            | 458,56                        | 195,62        | 709,09       |
| 26          | Ali-Sus | —                          | 459,13             | 14,24                | 6,16                   | 311,0                | Fase              | 291,66             | 298,00                 | 280,86        | 1311,37      | —                     | —             | —            | 308,68                        | 130,89        | 709,09       |
| 27          | Ali-Sus | —                          | 465,28             | 14,24                | -10,02                 | 307,6                | Fase              | 309,32             | 342,14                 | 322,64        | 1311,37      | —                     | —             | —            | 396,89                        | 168,42        | 709,09       |
| 28          | Ali-Sus | —                          | 457,14             | 12,37                | 12,45                  | 283,3                | Fase              | 295,47             | 247,63                 | 233,25        | 1311,37      | —                     | —             | —            | 167,52                        | 70,96         | 709,09       |
| 29          | Ali-Sus | —                          | 469,52             | 12,44                | 11,83                  | 364,8                | Fase              | 324,07             | 331,25                 | 312,32        | 1311,37      | —                     | —             | —            | 343,34                        | 145,66        | 709,09       |
| 30          | Ali-Anc | —                          | 482,67             | 11,12                | 34,34                  | 242,8                | Fase              | 303,80             | 178,99                 | 169,04        | 1227,43      | 1399,82               | —             | —            | 134,44                        | 57,22         | 672,10       |
| 31          | Ali-Sus | —                          | 508,50             | 19,62                | -6,85                  | 326,0                | Fase              | 284,39             | 387,37                 | 365,73        | 1227,43      | 1399,82               | 490,75        | 542,13       | 541,25                        | 230,51        | 672,10       |
| 32          | Ali-Ama | —                          | 513,98             | 7,30                 | 17,78                  | 186,0                | Fase              | 255,98             | 136,84                 | 128,98        | 1213,28      | 1361,21               | 110,86        | 121,88       | 34,65                         | 14,72         | 834,04       |
| 33          | Ang-Anc | 152                        | 528,78             | 10,28                | -27,84                 | 249,0                | Fase              | 217,50             | 431,19                 | 407,52        | 1235,60      | 1408,27               | 478,88        | 528,51       | 584,69                        | 248,70        | 680,62       |
| 34          | Ali-Sus | —                          | 498,92             | 12,30                | -13,17                 | 321,0                | Fase              | 285,04             | 211,48                 | 199,69        | 1235,60      | 1408,27               | 194,56        | 214,48       | 171,71                        | 73,01         | 680,62       |
| 35          | Ali-Anc | —                          | 485,56             | 12,50                | -11,65                 | 245,5                | Fase              | 283,26             | 270,34                 | 254,73        | 1309,98      | —                     | —             | —            | 296,91                        | 125,93        | 710,03       |
| 36          | Ali-Sus | —                          | 464,82             | 21,60                | -23,01                 | 348,7                | Fase              | 297,09             | 286,16                 | 270,02        | 1309,98      | —                     | —             | —            | 328,00                        | 139,45        | 710,03       |
| 37          | F.Línea | —                          | 451,35             | 12,05                | —                      | —                    | Fase              | 174,35             | 82,77                  | 77,90         | —            | —                     | —             | —            | 124,43                        | 52,73         | —            |

### 3.24 Cuadro nº 20: Cálculo de puesta a tierra

| Apoy o nº | Corriente de Falta A | Tensión de puesta a tierra V | Resis. de puesta a tierra      |           | Tensiones de contacto         |                   |                     |               | Tensiones de paso          |                   |                    |               | Tensiones de paso en el acceso |                  |                    |               | Medidas correctoras adoptadas |
|-----------|----------------------|------------------------------|--------------------------------|-----------|-------------------------------|-------------------|---------------------|---------------|----------------------------|-------------------|--------------------|---------------|--------------------------------|------------------|--------------------|---------------|-------------------------------|
|           |                      |                              | Coef. de resisten. Ohm/(Ohm*m) | Valor Ohm | Coef. de t. contac. V/(Ohm*m) | Tensión Reglam. V | T. cálculo. apoyo V | Diseño válido | Coef. de t. paso V/(Ohm*m) | Tensión Reglam. V | T. cálculo apoyo V | Diseño válido | Coef. de t.p.acc. V/(Ohm*m)    | Tensión Regla. V | T. cálculo apoyo V | Diseño válido |                               |
| 1         | 16,40                | 662,28                       | 0,13457                        | 40,37     | 0,13110                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01493                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,13110                        | 26520            | 5650,76            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 2         | 35,33                | 1066,42                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 3         | 46,78                | 1412,03                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 4         | 55,51                | 1675,47                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 5         | 60,91                | 1838,30                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 6         | 65,08                | 1964,21                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 7         | 68,36                | 2063,35                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 8         | 70,53                | 2128,58                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 9         | 70,61                | 2130,99                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 10        | 70,20                | 2118,68                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 11        | 68,78                | 2075,76                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 12        | 68,53                | 2068,42                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 13        | 68,00                | 2052,47                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 14        | 67,51                | 2037,65                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 15        | 66,82                | 2016,73                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 16        | 66,35                | 2002,69                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 17        | 65,94                | 1990,15                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 18        | 65,40                | 1974,04                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 19        | 65,11                | 1965,01                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 20        | 64,54                | 1947,80                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 21        | 63,89                | 1928,23                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 22        | 63,68                | 1921,91                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 23        | 63,55                | 1918,20                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 24        | 64,01                | 1932,06                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 25        | 64,47                | 1945,83                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 26        | 64,27                | 1939,78                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 27        | 64,72                | 1953,39                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 28        | 65,31                | 1971,04                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 29        | 65,96                | 1990,92                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 30        | 67,37                | 2033,21                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 31        | 68,18                | 2057,80                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 32        | 69,14                | 2086,91                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 33        | 69,95                | 2111,30                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 34        | 71,18                | 2148,22                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 35        | 72,98                | 2202,55                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 36        | 74,52                | 2249,20                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |
| 37        | 77,02                | 2324,53                      | 0,10061                        | 30,18     | 0,14788                       | 499,80            | Nula                | Correc.       | 0,01620                    | 42840,00          | Nula               | Correc.       | 0,14788                        | 26520            | 7299,36            | Correc.       | Mallazo electrosoldado        |

### 3.25 Cuadro nº 25: Cálculo de distancias a partes metálicas

| Apoyo<br>nº | Tipo     | Apoyos de ángulo                     |                                      |                                            |                                        |                               |                                        |                            | Apoyos de suspensión                          |                                    |                                       |                                       |                               |                               |
|-------------|----------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|             |          | Distancia<br>eléctrica<br>(del)<br>m | Distancia<br>conductor<br>apoyo<br>m | Distancia<br>lat. cruc.<br>inf. vien.<br>m | Distancia<br>latiguillo<br>cabeza<br>m | Distancia<br>al<br>fuste<br>m | Ángulo<br>mínimo<br>posible<br>(Sexa.) | Ángulo<br>apoyo<br>(Sexa.) | Ángulo<br>desviación<br>cadena<br>máximo<br>° | Ángulo<br>desviación<br>apoyo<br>° | Distancia<br>cruceta<br>inferior<br>m | Distancia<br>cruceta<br>superior<br>m | Distancia<br>a<br>cabeza<br>m | Distancia<br>al<br>fuste<br>m |
| 1           | P. Línea | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | —                                             | —                                  | 2,82                                  | 0,00                                  | 1,70                          | 1,68                          |
| 2           | Ali-Ama  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | —                                             | —                                  | 2,82                                  | 0,00                                  | 1,70                          | 1,69                          |
| 3           | Ali-Sus  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | 68,75                                         | 25,96                              | 1,69                                  | 0,55                                  | 0,73                          | 0,73                          |
| 4           | Ali-Sus  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | 68,75                                         | 65,60                              | 1,82                                  | 0,25                                  | 0,44                          | 0,44                          |
| 5           | Ali-Sus  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | 68,75                                         | 48,06                              | 1,72                                  | 0,41                                  | 0,55                          | 0,54                          |
| 6           | Ali-Sus  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | 68,75                                         | 49,37                              | 1,73                                  | 0,40                                  | 0,54                          | 0,53                          |
| 7           | Ali-Sus  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | 68,75                                         | 52,03                              | 1,74                                  | 0,37                                  | 0,52                          | 0,51                          |
| 8           | Ali-Sus  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | 68,75                                         | 49,79                              | 2,79                                  | 0,39                                  | 0,53                          | 0,53                          |
| 9           | Ali-Anc  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | —                                             | —                                  | 4,18                                  | 0,00                                  | 1,95                          | 1,94                          |
| 10          | Ali-Sus  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | 68,75                                         | 37,68                              | 4,05                                  | 0,48                                  | 1,38                          | 1,37                          |
| 11          | Ali-Sus  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | 68,75                                         | 56,05                              | 2,46                                  | 0,34                                  | 0,49                          | 0,49                          |
| 12          | Ali-Sus  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | 68,75                                         | 49,83                              | 2,43                                  | 0,39                                  | 0,53                          | 0,53                          |
| 13          | Ali-Sus  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | 68,75                                         | 43,06                              | 2,41                                  | 0,44                                  | 0,58                          | 0,58                          |
| 14          | Ali-Sus  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | 68,75                                         | 38,36                              | 1,70                                  | 0,48                                  | 0,62                          | 0,61                          |
| 15          | Ali-Sus  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | 68,75                                         | 44,04                              | 1,71                                  | 0,44                                  | 0,58                          | 0,57                          |
| 16          | Ali-Sus  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | 68,75                                         | 37,33                              | 1,70                                  | 0,48                                  | 0,63                          | 0,62                          |
| 17          | Ali-Anc  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | —                                             | —                                  | 2,82                                  | 0,00                                  | 1,70                          | 1,69                          |
| 18          | Ali-Sus  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | 68,75                                         | 49,29                              | 1,73                                  | 0,40                                  | 0,54                          | 0,53                          |
| 19          | Ali-Sus  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | 68,75                                         | 43,34                              | 2,41                                  | 0,44                                  | 0,58                          | 0,57                          |
| 20          | Ali-Sus  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | 68,75                                         | 36,40                              | 2,39                                  | 0,49                                  | 0,64                          | 0,63                          |
| 21          | Ali-Sus  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | 68,75                                         | 41,17                              | 1,70                                  | 0,46                                  | 0,60                          | 0,59                          |
| 22          | Ali-Sus  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | 68,75                                         | 54,33                              | 1,75                                  | 0,35                                  | 0,50                          | 0,50                          |
| 23          | Ali-Anc  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | —                                             | —                                  | 2,09                                  | 0,56                                  | 1,42                          | 1,41                          |
| 24          | Ali-Anc  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | —                                             | —                                  | 3,15                                  | 0,56                                  | 1,42                          | 1,41                          |
| 25          | Ali-Ama  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | —                                             | —                                  | 3,15                                  | 0,56                                  | 1,42                          | 1,41                          |
| 26          | Ali-Sus  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | 68,75                                         | 42,38                              | 1,71                                  | 0,45                                  | 0,59                          | 0,58                          |
| 27          | Ali-Sus  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | 68,75                                         | 36,16                              | 1,69                                  | 0,49                                  | 0,64                          | 0,63                          |
| 28          | Ali-Sus  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | 68,75                                         | 66,30                              | 1,82                                  | 0,24                                  | 0,44                          | 0,43                          |
| 29          | Ali-Sus  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | 68,75                                         | 42,71                              | 1,71                                  | 0,45                                  | 0,59                          | 0,58                          |
| 30          | Ali-Anc  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | —                                             | —                                  | 3,77                                  | 0,00                                  | 2,11                          | 2,10                          |
| 31          | Ali-Sus  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | 54,21                                         | 25,81                              | 2,01                                  | 0,85                                  | 0,59                          | 0,57                          |
| 32          | Ali-Ama  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | —                                             | —                                  | 2,82                                  | 0,00                                  | 1,70                          | 1,69                          |
| 33          | Ang-Anc  | 0,22                                 | 0,83                                 | 2,72                                       | 1,53                                   | 1,51                          | 64,94                                  | 152,10                     | —                                             | —                                  | —                                     | —                                     | —                             | —                             |
| 34          | Ali-Sus  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | 68,75                                         | 62,38                              | 1,80                                  | 0,28                                  | 0,46                          | 0,45                          |
| 35          | Ali-Anc  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | —                                             | —                                  | 2,09                                  | 0,56                                  | 1,42                          | 1,41                          |
| 36          | Ali-Sus  | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | 68,75                                         | 42,59                              | 1,71                                  | 0,45                                  | 0,59                          | 0,58                          |
| 37          | F. Línea | 0,22                                 | —                                    | —                                          | —                                      | —                             | —                                      | —                          | —                                             | —                                  | 2,09                                  | 0,56                                  | 1,42                          | 1,40                          |

# **4 CÁLCULOS DEL CENTRO**

#### 4.1 Intensidad de Media Tensión

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_p} \quad (1)$$

donde:

P potencia del transformador [kVA]

Up tensión primaria [kV]

Ip intensidad primaria [A]

En el caso que nos ocupa, la tensión primaria de alimentación es de 20 kV.

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 100 kVA. .

$$I_p = 2,887 \text{ A}$$

#### 4.2 Intensidad de Baja Tensión

Para el único transformador de este Centro, la potencia es de 100 kVA, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío.

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_s = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_s} \quad (2)$$

donde:

P potencia del transformador [kVA]

Us tensión en el secundario [kV]

Is intensidad en el secundario [A]

La intensidad en las salidas de 420 V en vacío puede alcanzar el valor

$$\cdot I_s = 137,464 \text{ A.}$$



### 4.3 Cortocircuitos

#### 4.3.1 Observaciones

*El cálculo de las intensidades generadas por un cortocircuito se realizará considerando la potencia de cortocircuito de la red de MT, un valor que está especificado por la compañía eléctrica.*

#### 4.3.2 Cálculo de las intensidades de cortocircuito

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, se utiliza la expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p} \quad (3)$$

donde:

$S_{cc}$  potencia de cortocircuito de la red [MVA]

$U_p$  tensión de servicio [kV]

$I_{ccp}$  corriente de cortocircuito [kA]

En el caso de cortocircuitos secundarios, se adoptará una aproximación conservadora al considerar la potencia de cortocircuito disponible como la teórica de los transformadores de MT-BT, en lugar de basarse en valores más realistas.

La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot E_{cc} \cdot U_s} \quad (4)$$

donde:

$P$  potencia de transformador [kVA]

$E_{cc}$  tensión de cortocircuito del transformador [%]

$U_s$  tensión en el secundario [V]

$I_{ccs}$  corriente de cortocircuito [kA]

#### 4.3.3 *Cortocircuito en el lado de Media Tensión*

Utilizando la expresión 3 en el que la potencia de cortocircuito es de 500 MVA y la tensión de servicio 20 kV, la intensidad de cortocircuito es:

$$\cdot I_{ccp} = 14,434 \text{ kA}$$

#### 4.3.4 *Cortocircuito en el lado de Baja Tensión*

Para el único transformador de este Centro de Transformación, la potencia es de 100 kVA, la tensión porcentual del cortocircuito del 4%, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío

La intensidad de cortocircuito en el lado de BT con 420 V en vacío será, según la fórmula 4:

$$\cdot I_{ccs} = 3,437 \text{ kA}$$

### 4.4 **Dimensionado del embarrado**

#### 4.4.1 *Comprobación por densidad de corriente*

La comprobación por densidad de corriente se realiza para garantizar que el conductor especificado pueda conducir la corriente nominal máxima sin exceder la densidad máxima permitida para el material conductor. Este proceso se verifica mediante cálculos teóricos y, además, puede confirmarse mediante un ensayo de intensidad nominal. En este caso, se considera que la intensidad nominal es de 630 A, lo que proporciona un margen de seguridad adecuado.

#### 4.4.2 *Comprobación por solicitud electrodinámica*

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

$$\cdot I_{cc(din)} = 36,085 \text{ kA}$$

#### 4.4.3 *Comprobación por solicitud térmica*

La comprobación térmica se lleva a cabo para garantizar que no habrá un calentamiento excesivo de la aparamenta en caso de un cortocircuito. Esta evaluación puede realizarse mediante cálculos teóricos, pero es preferible realizar un ensayo de acuerdo con la normativa vigente. En este caso, la intensidad eficaz de cortocircuito se toma en consideración como el valor de referencia para este propósito:

$$\cdot I_{cc(ter)} = 14,434 \text{ kA.}$$

### 4.5 **Protección contra sobrecargas y cortocircuitos**

#### 4.5.1 *Termómetro*

El termómetro se encarga de supervisar que la temperatura del dieléctrico del transformador no supere los valores máximos permitidos.

La protección del centro se realiza a través de dispositivos de baja tensión, siendo los fusibles de baja tensión los encargados de proteger contra posibles cortocircuitos.

Estos fusibles desempeñan su función de protección de manera ultrarrápida, con tiempos de actuación mucho menores que los interruptores automáticos. Su función principal es evitar que las corrientes de cortocircuito fluyan por toda la instalación eléctrica, lo que podría causar daños graves.

La selección de los fusibles se basa en varios criterios:

- Deben permitir el funcionamiento continuo a la intensidad nominal requerida para esta aplicación.
- No deben disparar durante el arranque en vacío de los transformadores, ya que en ese momento la corriente es considerablemente mayor que la nominal y tiene una duración intermedia.
- Los fusibles no deben disparar ante corrientes que estén entre 10 y 20 veces la nominal, siempre que la duración de estas corrientes sea inferior a 0,1 segundos. Esto se hace para evitar que fenómenos transitorios provoquen interrupciones en el suministro eléctrico.

Es importante destacar que, aunque los fusibles son eficaces en la protección contra cortocircuitos, no proporcionan una protección adecuada contra sobrecargas. Para

abordar las sobrecargas, es necesario considerar la inclusión de una protección térmica adicional para el transformador si es posible..

#### **4.6 Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación**

**Se considera de interés la realización de ensayos de homologación de los Centros de Transformación.**

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

- B124-02-CC-EE-01

#### **4.7 Dimensionado del pozo apagafuegos**

Al no haber transformadores de aceite como refrigerante, no es necesaria la existencia de pozos apagafuegos.

#### **4.8 Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra**

##### *4.8.1 Investigación de las características del suelo*

El Reglamento de Alta Tensión establece que, en el caso de instalaciones de tercera categoría y cuando la intensidad de cortocircuito a tierra sea igual o menor a 16 kA, no es necesario llevar a cabo una investigación previa exhaustiva de la resistividad del suelo. En estos casos, basta con realizar una inspección visual del terreno y se permite estimar su resistividad. Sin embargo, esta estimación no es adecuada para corrientes superiores, por lo que en tales situaciones se requiere una medición precisa de la resistividad del suelo.

Según la investigación preliminar realizada en el terreno donde se planea instalar el Centro de Transformación, se ha determinado que la resistividad media del suelo es de 300 Ohm•m.

##### *4.8.2 Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto*

En las instalaciones de Media Tensión (MT) de tercera categoría, varios parámetros influyen en los cálculos relacionados con las faltas a tierra:

1. **Tipo de Neutro:** El neutro de la red puede tener diferentes configuraciones. Puede estar aislado, estar conectado firmemente a tierra, o estar conectado a tierra a través de resistencias o impedancias. Cada una de estas configuraciones afectará a la limitación de la corriente de falta en función de la longitud de las líneas o los valores de las impedancias en la instalación.
2. **Tipo de Protecciones:** Cuando ocurre una falta a tierra, se debe eliminar mediante la apertura de un dispositivo de corte. Este dispositivo se activa en respuesta a la detección de una corriente anormal. Esta detección se realiza mediante relés de intensidad. Estos relés pueden actuar de dos maneras principales:
  - **Tiempo Fijo:** El dispositivo de corte se activa después de un tiempo fijo desde la detección de la falta.
  - **Tiempo Dependiente:** El dispositivo de corte se activa según una curva de tiempo inverso. Esto significa que el tiempo de activación es más corto para corrientes más altas. Además, en algunos casos, puede haber restablecimientos automáticos después del primer disparo. Estos restablecimientos solo afectarán a los cálculos si ocurren en un tiempo inferior a 0,5 segundos.

Es importante destacar que la casuística puede variar según la red de cada compañía eléctrica. Por lo tanto, en algunos casos, es necesario realizar cálculos considerando valores empíricos como la intensidad máxima y el tiempo máximo de interrupción. Estos valores deben ser proporcionados por la compañía suministradora de electricidad correspondiente.

Intensidad máxima de defecto:

$$I_{d\max\ cai.} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_n^2 + X_n^2}} \quad (5)$$

donde:

$U_n$  Tensión de servicio [kV]

$R_n$  Resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

$X_n$  Reactancia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

$I_{d \max \text{ cal.}}$  Intensidad máxima calculada [A]

La  $I_{d \max}$  en este caso será, según la fórmula 5:

$$I_{d \max \text{ cal.}} = 240,564 \text{ A}$$

Inferior o similar al valor establecido por la compañía eléctrica que es de:

$$I_{d \max} = 300 \text{ A}$$

#### 4.8.3 *Diseño preliminar de la instalación de tierra*

El diseño inicial de la instalación de puesta a tierra se fundamenta en las configuraciones estándar especificadas en el Anexo 2 del método de cálculo de instalaciones de puesta a tierra de UNESA. Este diseño se adapta a la forma y las dimensiones del Centro de Transformación en cuestión, siguiendo el método de cálculo establecido por este organismo.

#### 4.8.4 *Cálculo de la resistencia del sistema de tierra*

Características de la red de alimentación:

- Tensión de servicio:  $U_r = 20 \text{ kV}$

Puesta a tierra del neutro:

- Resistencia del neutro  $R_n = 48 \text{ Ohm}$
- Reactancia del neutro  $X_n = 0 \text{ Ohm}$
- Limitación de la intensidad a tierra  $I_{dm} = 300 \text{ A}$

Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT:

$$V_{bt} = 10.000 \text{ V}$$

Características del terreno:

- Resistividad de tierra  $R_o = 300 \text{ Ohm} \cdot \text{m}$
- Resistividad del hormigón  $R'o = 3000 \text{ Ohm} \cdot \text{m}$

La resistencia máxima de la puesta a tierra de protección del edificio, y la intensidad del defecto salen de:

$$I_d \cdot R_t \leq V_{bt} \quad (6)$$

donde:

$I_d$  intensidad de falta a tierra [A]

$R_t$  resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

$V_{bt}$  tensión de aislamiento en baja tensión [V]

La intensidad del defecto se calcula de la siguiente forma:

$$I_d = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} \quad (7)$$

donde:

$U_n$  tensión de servicio [V]

$R_n$  resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

$R_t$  resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

$X_n$  reactancia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

$I_d$  intensidad de falta a tierra [A]

Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

$$\cdot I_d = 32,229 \text{ A}$$

La resistencia total de puesta a tierra preliminar:

$$\cdot R_t = 310,2796 \text{ Ohm}$$

Se elige el tipo de electrodo de tierra de acuerdo con las tablas disponibles y las condiciones específicas del sistema de puesta a tierra en este centro. La elección se basa en encontrar un electrodo cuyo valor de resistencia de tierra ( $K_r$ ) sea igual o menor al valor calculado para este centro y sus condiciones particulares.

Valor unitario de resistencia de puesta a tierra del electrodo:

$$K_r \leq \frac{R_t}{R_o} \quad (8)$$

donde:

$R_t$  resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

$R_o$  resistividad del terreno en [Ohm·m]

$K_r$  coeficiente del electrodo

- Centro de Transformación

Para nuestro caso particular, y según los valores antes indicados:

- $K_r \leq 1,0343$

La configuración adecuada para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 25-25/5/42
- Geometría del sistema: Anillo rectangular
- Distancia de la red: 2.5x2.5 m
- Profundidad del electrodo horizontal: 0,5 m
- Número de picas: cuatro
- Longitud de las picas: 2 metros

Parámetros característicos del electrodo:

- De la resistencia  $K_r = 0,121$
- De la tensión de paso  $K_p = 0,0291$
- De la tensión de contacto  $K_c = 0,0633$

Se implementarán medidas de seguridad adicionales para prevenir tensiones de contacto tanto dentro como fuera del edificio. Estas medidas incluyen:

- Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del edificio no estarán en contacto eléctrico con masas conductoras que puedan estar bajo tensión debido a defectos o averías.
- En el interior del centro de transformación, se colocará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, el cual estará conectado a la puesta a tierra del edificio.



- Si se instalan picas en hilera, se alinearán con el frente del edificio.

Alrededor del edificio de maniobra exterior, se construirá una acera perimetral de 1 metro de ancho con un espesor adecuado para evitar tensiones de contacto cuando se realicen maniobras en los equipos desde el exterior. Estas medidas se implementarán para garantizar la seguridad de todas las personas que trabajen en o alrededor del centro de transformación.

El valor real de la resistencia de puesta a tierra del edificio será:

$$R'_t = K_r \cdot R_o \quad (9)$$

donde:

$K_r$  coeficiente del electrodo

$R_o$  resistividad del terreno en [Ohm·m]

$R'_t$  resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

por lo que para el Centro de Transformación:

$$\cdot R'_t = 36,3 \text{ Ohm}$$

y la intensidad de defecto real, tal y como indica la fórmula (7):

$$\cdot I'd = 136,975 \text{ A}$$

#### 4.8.5 *Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación*

Es importante destacar que en los edificios de maniobra exterior no existe la posibilidad de tensiones de paso en el interior, ya que no se puede acceder al interior de estos edificios.

Al implementar las medidas de seguridad adicionales, como la construcción de una acera perimetral, no es necesario calcular las tensiones de paso y de contacto desde esta acera hacia el interior, ya que se considera que estas tensiones son prácticamente nulas. La acera perimetral se considera una parte integral del edificio y contribuye significativamente a garantizar la seguridad en la zona de maniobra exterior.

La tensión de defecto vendrá dada por:

$$V'_d = R'_t \cdot I'_d \quad (10)$$

donde:

$R'_t$  resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

$I'_d$  intensidad de defecto [A]

$V'_d$  tensión de defecto [V]

por lo que en el Centro de Transformación:

$$\cdot V'd = 4972,196 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$V'_c = K_c \cdot R_o \cdot I'_d \quad (11)$$

donde:

$K_c$  coeficiente

$R_o$  resistividad del terreno en [Ohm·m]

$I'_d$  intensidad de defecto [A]

$V'_c$  tensión de paso en el acceso [V]

por lo que tendremos en el Centro de Transformación:

$$V'_c = 2.601 \text{ V}$$

#### 4.8.6 *Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación*

Tomando en cuenta las medidas de seguridad adicionales implementadas, no es necesario realizar cálculos de tensiones de contacto en el exterior de la instalación, ya que estas tensiones se reducirán considerablemente y prácticamente serán nulas gracias a las medidas de seguridad implementadas.

Tensión de paso en el exterior:

$$V'_p = K_p \cdot R_o \cdot I'_d \quad (12)$$

donde:

$K_p$  coeficiente

$R_o$  resistividad del terreno en [Ohm·m]

$I'_d$  intensidad de defecto [A]

$V'_p$  tensión de paso en el exterior [V]

por lo que, para este caso:

$$\cdot V_p = 1195,793 \text{ V en el Centro de Transformación}$$

#### 4.8.7 Cálculo de las tensiones aplicadas

- Centro de Transformación

Los valores admisibles son para una duración total de la falta igual a:

$$\cdot t = 1 \text{ s}$$

Tensión de paso en el exterior:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \left[ 1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot R_o}{1000} \right] \quad (13)$$

donde:

$U_{ca}$  valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta

$R_o$  resistividad del terreno en [Ohm·m]

$R_{a1}$  Resistencia del calzado, superficies de material aislante, etc. [Ohm]

por lo que, para este caso

$$\cdot V_p = 7276 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso al edificio:

$$U_{pacc} = 10 * U_{ca} \left[ 1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 3 \cdot R_o + 3 \cdot R_o'}{1000} \right] \quad (14)$$

donde:

V<sub>ca</sub> valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta

R<sub>o</sub> resistividad del terreno en [Ohm·m]

R'<sub>o</sub> resistividad del hormigón en [Ohm·m]

R<sub>a1</sub> Resistencia del calzado, superficies de material aislante, etc. [Ohm]

por lo que, para este caso

$$\cdot V_p(\text{acc}) = 15.943 \text{ V}$$

Comprobamos ahora que los valores calculados para el caso de este Centro de Transformación son inferiores a los valores admisibles:

Tensión de paso en el exterior del centro:

$$\cdot V'_p = 1195,793 \text{ V} < V_p = 7276 \text{ V}$$

Tensión de paso en el acceso al centro:

$$\cdot V'_p(\text{acc}) = 2.601 \text{ V} < V_p(\text{acc}) = 15.943 \text{ V}$$

Tensión de defecto:

$$\cdot V'_d = 4972,196 \text{ V} < V_{bt} = 10.000 \text{ V}$$

Intensidad de defecto:

$$\cdot I_a = 100 \text{ A} < I_d = 136,975 \text{ A} < I_{dm} = 300 \text{ A}$$

#### 4.8.8 Investigación de las tensiones transferibles al exterior

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio y, por lo tanto, no afecte a los usuarios, se debe mantener una separación entre los electrodos más cercanos de ambos sistemas siempre que la tensión de defecto supere los 1000 voltios. En este caso, dada la tensión de defecto

superior a 1000 V, es absolutamente necesario mantener esta separación para garantizar la seguridad eléctrica.

En este caso es imprescindible mantener esta separación, al ser la tensión de defecto superior a los 1000 V indicados.

La distancia mínima de separación entre los sistemas de tierras viene dada por la expresión:

$$D = \frac{R_o \cdot I'_d}{2000 \cdot \pi} \quad (15)$$

donde:

$R_o$  resistividad del terreno en [Ohm·m]

$I'_d$  intensidad de defecto [A]

D distancia mínima de separación [m]

Para este Centro de Transformación:

- $D = 6,494 \text{ m}$

El neutro del transformador y la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida se conectarán al sistema de tierras de servicio.

Las características del sistema de tierras de servicio son las siguientes:

- Identificación: 5/42 (según método UNESA)
- Geometría: Picas alineadas
- Número de picas: cuatro
- Longitud entre picas: 2 metros
- Profundidad de las picas: 0,5 m

Los parámetros según esta configuración de tierras son:

- $K_r = 0,104$

$$\cdot K_c = 0,0184$$

El criterio de selección de la tierra de servicio se basa en evitar que el electrodo de tierra tenga una tensión superior a 24 V cuando se produce un defecto a tierra en una instalación de BT protegida por un interruptor diferencial de 650 mA. Para cumplir con este criterio, la resistencia de la puesta a tierra de servicio debe ser menor de 37 Ohm.

$$R_{tserv} = K_r \cdot R_o = 0,104 \cdot 300 = 31,2 < 37 \text{ Ohm}$$

Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, protegido con tubo de PVC de grado de protección 7 como mínimo, contra daños mecánicos.

#### 4.8.9 *Corrección y ajuste del diseño inicial*

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

Sin embargo, es posible implementar cualquier configuración que ofrezca una mejor protección que la calculada inicialmente. Esto significa que se pueden realizar mejoras en la disposición de las picas, la profundidad de enterramiento, la geometría de la red de tierra de protección, el número de picas o su longitud, siempre y cuando los valores de "K<sub>r</sub>" de la nueva configuración sean inferiores a los calculados inicialmente. No será necesario repetir los cálculos si decides realizar mejoras en el sistema de tierras, ya que los valores de tensión serán menores que los calculados en el diseño original.

# **5 ANEXO: ANÁLISIS AMBIENTAL**

## **5.1 Objeto, Finalidad y Descripción de la actividad**

### **5.1.1 Objeto**

El propósito de este anexo es solicitar a la Administración la Autorización Administrativa para la construcción de las instalaciones que se describen en él, así como la aprobación del proyecto de ejecución correspondiente.

Actualmente, se encuentra en proceso la gestión para obtener el certificado de cumplimiento de la Norma UNE-EN ISO 14001 a través de AENOR. Dicho certificado respaldaría nuestros procedimientos y acciones desde una perspectiva medioambiental, a través de las verificaciones y auditorías establecidas en el certificado de AENOR.

Es importante destacar que la redacción de este anexo se ha realizado en conformidad con las normativas vigentes en el momento de su creación.

### **5.1.2 Finalidad**

El propósito de este anexo es establecer que el proyecto en cuestión se ajustará a lo establecido en la Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, específicamente en su Sección 5ª, referente a la Calificación Ambiental, y en los Artículos 41 y siguientes. Esta ley establece las pautas para evaluar los efectos ambientales de ciertas acciones, determinar su viabilidad ambiental y estipular las condiciones bajo las cuales deben llevarse a cabo.

### **5.1.3 Descripción de la actividad**

Este Análisis Ambiental se realiza en adición al proyecto: "Línea eléctrica de media tensión y centro de transformación para suministro al Castillo Torre Benzalá en Torredonjimeno".

El propósito central es proporcionar suministro de energía al museo que va a construir en las proximidades del Castillo de Benzalá.

#### **5.1.3.1 Localización**

Las instalaciones planificadas estarán localizadas en el municipio de Torredonjimeno, tal como se puede observar en los planos adjuntos.

Es importante destacar que la línea propuesta no tendrá ningún impacto en áreas de Parques Naturales, Parques Nacionales o Espacios Protegidos.

Además, es fundamental mencionar que la instalación objeto de este proyecto no se



encuentra en zonas designadas como de especial protección para las aves o de conservación especial, según lo establecido en el artículo 2.1.d) de la Ley 2/1989, de 18 de julio, sobre espacios protegidos de Andalucía.

Asimismo, no se han identificado áreas de conservación de rapaces que puedan afectar al trazado de este proyecto en particular.

#### *5.1.3.2 Suelo ocupado por los apoyos*

La superficie requerida por los apoyos en este tipo de líneas eléctricas puede variar según el tipo de apoyo y la densidad del terreno. Dado que la línea consta de 37 apoyos, calculamos una superficie total ocupada por los apoyos de 37 m<sup>2</sup> a instalar.

#### *5.1.3.3 Franja de suelo sobrevolada por los conductores*

Cuando una línea eléctrica atraviesa un área boscosa y la solución técnica, de acuerdo con el punto 5.12 de la ITC-LAT 07, requiere la apertura de una calle de paso, la superficie del terreno ocupada coincide con el espacio de dicha calle de paso. Por otro lado, cuando no es necesario abrir una calle de paso, la superficie del terreno ocupada por la línea se calcula multiplicando la distancia entre los conductores extremos por la longitud total de la línea..

En la instalación que nos ocupa no es necesaria la apertura de calle y obtenemos:

132356,60 m<sup>2</sup> de suelo sobrevolado por los conductores.

#### *5.1.3.4 Altitud*

El trazado de la línea se extiende desde una cota mínima de 395.5 metros hasta una cota máxima de 709.6 metros sobre el nivel del mar. El apoyo ubicado a mayor altitud se encuentra a una altitud de 419.2 metros sobre el nivel del mar, mientras que el apoyo de menor altitud está a una altitud de 708.5 metros sobre el nivel del mar..

#### *5.1.3.5 Altura de los conductores sobre el terreno*

La altura mínima de los conductores se establece en función de las condiciones de seguridad según lo indicado en el punto 5.5 de la ITC-LAT 07, y para este tipo de líneas es de 6 metros.

En los tramos en los que la línea atraviesa zonas con árboles, se aumentará la altura de los apoyos de manera que siempre exista una separación mínima de 2 metros entre los conductores y las ramas más altas, de acuerdo con el punto 5.12.1 de la ITC-LAT 07. Esto se debe a que las ramas se consideran como conductores. Para cumplir con esta condición, se tendrá en cuenta la altura estimada de las ramas y su velocidad de crecimiento. Esto

determinará si se necesitan realizar podas periódicas y su frecuencia.

## **5.2 Emplazamiento**

La línea se desarrolla en su totalidad en el término municipal de Torredonjimeno, provincia de Jaén. Trascurre a través de olivares, como se puede observar en el plano de situación que se adjunta en el anexo de planos.

## **5.3 Maquinaria, Equipos y Procesos**

En el proceso de construcción de la línea podemos identificar las siguientes fases:

### **5.3.1 Replanteo**

La tarea de llevar a cabo el replanteo de la línea estará a cargo del topógrafo perteneciente a la empresa o designado por la ingeniería responsable del proyecto. Para realizar esta labor con la máxima precisión, se contará con un equipo topográfico de tecnología GPS que constará de una estación fija de referencia y una unidad móvil de alta precisión, capaz de medir en centímetros.

### **5.3.2 Accesos y evacuación**

Se ejecutarán caminos de acceso a los apoyos de manera que se minimicen las perturbaciones al terreno. Se dará preferencia al uso de caminos ya existentes, aunque en ocasiones sus características no sean las más adecuadas.

Todos los accesos serán acordados previamente con los organismos correspondientes o los propietarios pertinentes.

Queda prohibida la modificación de los cauces naturales del agua, así como la realización de desmontes o terraplenes sin una capa mínima de tierra vegetal que permita su integración natural. Cuando las condiciones del terreno lo requieran, se redirigirán las aguas para evitar encharcamientos y erosiones.

PEn el caso de apoyos situados en áreas cultivadas, prados, olivares u otras zonas similares, o cuando sea necesario atravesarlas para acceder a los mismos, se aplicarán los siguientes requisitos:

- Se procederá a señalar de manera clara y efectiva el acceso a cada apoyo, asegurando que todos los vehículos ingresen y salgan por un mismo punto y utilicen las mismas trazas de rodadura.

- Se limitará el espacio necesario alrededor de cada apoyo para la realización de trabajos, garantizando que no se ocupe más terreno del estrictamente requerido.
- Se tomarán medidas para minimizar al máximo cualquier daño, incluso si la ruta propuesta por el propietario implique una mayor extensión.
- Se garantizará el cierre permanente de cercas o cancelas de propiedades que sean atravesadas, con el fin de evitar la entrada no planificada de ganado u otros movimientos no previstos.

En caso de ser necesario, se permitirá la utilización de material para mejorar los pasos y permitir el acceso de camiones a los apoyos. No obstante, cuando no se prevea un uso continuado de estos pasos, se llevará a cabo la restauración de la capa vegetal que previamente se hubiera retirado.

En áreas delicadas como huertos, cultivos frutales, viñas y otros espacios sensibles, el responsable de la Empresa Eléctrica podrá determinar que el acceso se realice utilizando vehículos ligeros como dumpers o incluso medios no motorizados como caballerías.

La excavación de los apoyos se llevará a cabo utilizando máquinas retroexcavadoras con ruedas o cadenas. En casos donde no sea viable el acceso de estas máquinas, la excavación se realizará de forma manual mediante el uso de herramientas manuales o compresores.

El Contratista asume la responsabilidad de instalar y mantener las señales y protecciones necesarias en todos los agujeros para prevenir caídas de personas o animales, y se compromete a aceptar la responsabilidad civil o penal en caso de ocurrir algún incidente.

Serán entibados todos los agujeros que presenten riesgo de desprendimientos, tanto por seguridad de las personas como para mantener la cohesión natural del terreno. En caso de que penetre agua en los agujeros, esta deberá ser evacuada antes de proceder al hormigonado.

En los casos en que sea necesario mover tierra, se separará la capa vegetal arable para que pueda ser reinstalada en su lugar original, permitiendo que el suelo conserve su capacidad cultivable. La ocupación de suelo se limitará a las dimensiones previstas para las bases de los apoyos.

La tierra excedente de la excavación deberá ser trasladada a una ubicación donde su depósito no cause ningún perjuicio.

La apertura de los agujeros debe ser coordinada con el proceso de hormigonado, de manera que el lapso entre ambas operaciones sea reducido según lo permita la cohesión del terreno. En caso de que factores climáticos o la falta de consistencia lo aconsejen, se puede

requerir la realización inmediata y secuencial de la apertura y el hormigonado de cada agujero.

Se establece que en ningún caso la excavación debe preceder al hormigonado por más de diez días naturales, esto con el propósito de prevenir el colapso de los agujeros debido a la exposición a condiciones climáticas adversas. El representante de la Empresa Eléctrica tiene la autoridad para detener los trabajos de excavación si los trabajos de hormigonado no avanzan adecuadamente.

### 5.3.3 *Hormigonado*

El hormigonado de los apoyos se realizará con hormigón de planta (resistencia característica de 150 kp/cm<sup>2</sup> a los 28 días, con una cantidad mínima de cemento por m<sup>3</sup> de 200 kg) mediante camión hormigonera. En los casos en que no sea posible el acceso del mismo, el hormigón se realizará in situ a pie de hoyo.

La primera tarea a llevar a cabo, justo antes de comenzar el proceso de hormigonado, implica hincar la pica de toma a tierra en el fondo de la excavación y realizar la conexión de los cables de toma de tierra con dicha pica. Estos cables se dispondrán en el interior de un tubo corrugado con un diámetro interior de 29 mm y se extenderán lo suficiente para sobresalir al menos 25 cm por encima de la peana del apoyo.

A continuación, se posicionará el anclaje sobre el foso de acuerdo con la alineación, nivelación y cota requeridas, y posteriormente se asegurará al terreno para evitar cualquier tipo de movimiento.

La excavación se llenará con hormigón, vertiéndolo en capas sucesivas para prevenir desplazamientos en la base del apoyo o el anclaje. Se prestará especial atención a compactar adecuadamente el hormigón, utilizando apisonamiento cada 30 cm como mínimo y evitando cualquier impacto contra el anclaje.

La porción elevada del apoyo que se proyecta por encima del terreno, conocida como peana, tendrá una forma similar a la de un tronco de pirámide, con las caras inclinadas no con una pendiente menor al 20%. En áreas agrícolas, la peana sobresaldrá del terreno en su punto más bajo en un mínimo de 30 cm, mientras que en otros tipos de terreno esta elevación no será menor a 20 cm. Se prestará especial atención a asegurar que las superficies expuestas tengan un acabado adecuado.

### 5.3.4 *Armado e izado*

Una vez que se haya verificado que los apoyos no presentan ninguna anomalía, se procederá al montaje de las series de apoyos. Para esta tarea, se considerarán dos métodos

posibles para el izado:

- El armado en el suelo, seguido de la elevación de la torre completa utilizando una grúa.
- El ensamblaje y la elevación por partes (barras o cuerpos) de la torre mediante una pluma.

El método de elevación del apoyo debe ser apropiado para su tipo, y una vez que el apoyo esté instalado, debe quedar en posición vertical. Sin embargo, en el caso de los apoyos de fin de línea o de ángulo, se les dará una inclinación del 0,5 al 1 % en dirección opuesta a la resultante de los esfuerzos generados por los conductores.

El proceso de izado de un apoyo no debe iniciarse hasta que haya transcurrido al menos una semana desde que se realizó el hormigonado de su anclaje.

En el caso del izado de apoyos mediante grúa, la grúa seleccionada debe tener una longitud de pluma y una capacidad de carga adecuadas para izar el apoyo más crítico, considerando los coeficientes de seguridad requeridos para este tipo de maquinaria. No se permite el izado con grúa en aquellos apoyos ubicados en zonas de viñedos, huertos, frutales, etc., que puedan causar daños a los cultivos. Los accesos utilizados por las grúas serán los mismos que los utilizados para la construcción civil y el almacenamiento de materiales.

En cada apoyo se instalará una placa estandarizada de "riesgo eléctrico", utilizando una de las soluciones constructivas previamente previstas (flejado o adhesivo). No se permite perforar el montante del apoyo para este propósito.

Además, cada apoyo será numerado siguiendo la numeración establecida por el técnico a cargo de la obra.

#### 5.3.5 *Tendido, tense y regulado*

Es esencial que, antes de proceder al tendido de los conductores, se coloquen las placas de advertencia de riesgo eléctrico en todos los apoyos.

El inicio del tendido de los conductores no podrá llevarse a cabo hasta después de transcurrido al menos una semana desde la finalización del hormigonado de los apoyos. No obstante, siempre que sea factible, se procurará que el tiempo entre la finalización del hormigonado y el inicio del tendido sea lo más prolongado posible, siendo ideal que transcurran 28 días.

Durante todos los movimientos de las bobinas de conductores, se debe tener un extremo cuidado para evitar daños en los cables y preservar la integridad del carrete de madera. Para

ello, en la carga y descarga se emplearán medios mecánicos apropiados para evitar impactos bruscos que puedan ocasionar perjuicios a los carretes.

No está permitido realizar acopios de las bobinas en áreas propensas a inundaciones o de alto riesgo de incendio.

Las poleas destinadas al tendido del cable de aluminio-acero estarán fabricadas con una aleación de aluminio y tendrán un diámetro interno en la garganta que será al menos 20 veces el diámetro del conductor. Cada polea estará equipada con rodamientos de bolas debidamente lubricados, y se asegurará que las armaduras no entren en contacto con las poleas de aluminio, evitando cualquier tipo de fricción.

En situaciones donde sea necesario llevar a cabo el tendido sobre vías de comunicación, como carreteras, autovías, ferrocarriles o caminos, se implementarán protecciones especiales de carácter provisional. Estas protecciones tendrán como objetivo evitar que los conductores caigan sobre las vías de comunicación, al mismo tiempo que permiten el flujo vehicular sin interrupciones. Aunque estas protecciones sean temporales, deberán ser lo suficientemente resistentes como para soportar cualquier esfuerzo anormal que pueda surgir en caso de que algún cable caiga sobre ellas debido a un accidente. Aquellas protecciones instaladas cerca de carreteras o caminos también estarán debidamente señalizadas para garantizar la seguridad de quienes transiten por la zona..

En todos los cruces de carreteras, se implementarán señales de tráfico relacionadas con obras, limitaciones de velocidad, y advertencias de peligro, de acuerdo con las decisiones pertinentes tomadas por la autoridad vial correspondiente.

El contratista estará obligado a planificar los cruces de carreteras, ferrocarriles, líneas eléctricas, etc., con la anticipación requerida por los diferentes organismos oficiales, de manera que se puedan coordinar los cierres de tráfico, notificaciones a los vigilantes y demás medidas necesarias.

A excepción de las líneas de menor envergadura, en las cuales se podrá llevar a cabo el tendido manual con la aprobación del supervisor de la obra, se empleará un sistema de freno y máquina de tiro para llevar a cabo el tendido.

Ya sea que el tendido se realice manualmente o mediante equipos mecánicos, se implementará un sistema de comunicación adecuado para permitir la suspensión inmediata de los tirones del conductor en caso de necesidad. Además, se contará con un equipo suficiente de trabajadores para llevar a cabo de manera adecuada las etapas de tendido, tensado y regulación.

Para el tendido asistido por equipos mecánicos, se emplearán tambores de frenado con

un diámetro no menor a 60 veces el del conductor a tender.

Los cables piloto utilizados en el tendido serán flexibles y diseñados para evitar la rotación, y se conectarán al conductor mediante manguitos de rotación para prevenir la torsión.

Con el propósito de prevenir la formación de "jaulas" en los conductores durante el tendido, el sistema de suspensión de las bobinas se equipará con mecanismos de frenado hidráulico o mecánico.

Durante todo el proceso de tendido, se emplearán dispositivos para medir el esfuerzo de tracción de los cables en los extremos del tramo, tanto en el cabrestante como en el freno. El dispositivo en el cabrestante deberá contar con configuraciones de esfuerzo máximo y mínimo, incluyendo una función de detención automática en caso de variaciones anormales en las fuerzas de tracción.

## **5.4 Materiales Empleados**

### **5.4.1 Apoyos**

Serán metálicos y galvanizados en caliente, resueltos con fuste en barras atornilladas o electro-soldadas y cabeza en cuerpo único soldado.

### **5.4.2 Cadenas**

Cada uno de los apoyos ha sido diseñado para poder alojar cadenas de aisladores de suspensión en los apoyos de tipo alineación-suspensión (vertical), mientras que en los apoyos de tipo ángulo, alineación-anclaje y comienzo/final de línea, se prevé la instalación de cadenas de amarre-anclaje.

Las cadenas de aislamiento pueden ser de naturaleza polimérica o de vidrio, de acuerdo con lo detallado en la memoria y anexo de cálculo correspondientes.

### **5.4.3 Conductores**

En este proyecto se ha considerado el conductor: LA-110 (116,20 mm<sup>2</sup>), cuyas características son:

Conductor LA-110 (116,20 mm<sup>2</sup>):

- Designación: LA-110
- Sección (mm<sup>2</sup>): 116,20
- Diámetro (mm): 14,000

- Carga de rotura (daN): 4405
- Peso (daN/m): 0,432
- Módulo de elasticidad (daN/mm<sup>2</sup>): 8200
- Coeficiente de dilatación (°C-1): 0,00001778
- Resistencia kilométrica (Ohm/km): 0,306
- Composición: 30+7

#### 5.4.4 Zanjas

Las dimensiones de las excavaciones y los tipos específicos de estas se encuentran detallados en las secciones correspondientes a los diversos tipos de zanjas que se utilizarán en la realización de esta obra. Estos detalles están presentados en los planos proporcionados en la sección correspondiente.

En el caso de tener que demoler pavimentos, se emplearán compresores insonorizados. Si se trata de calzadas con morteros asfálticos u hormigones en masa, se realizará un corte previo con disco.

Serán tomadas las medidas necesarias para evitar tapar o interferir con los registros de servicios que se encuentren junto a las zanjas, así como para proteger cualquier árbol presente en la zona.

Para asegurar la seguridad y la ordenada ejecución de los trabajos, se instalará una valla metálica continua a ambos lados de la zanja, manteniendo la alineación cuidadosamente. Se colocarán las señalizaciones requeridas, incluyendo la iluminación nocturna cuando sea necesario.

Durante la realización de los trabajos en espacios públicos, se garantizará la preservación de pasos adecuados tanto para vehículos como para peatones, así como accesos sin restricciones a edificios, comercios o garajes.

En caso de que, durante las actividades de excavación de la zanja, se encuentren instalaciones pertenecientes a otros servicios, se seguirán las medidas precautorias necesarias para evitar daños, asegurándose de que estas instalaciones queden en el mismo estado en el que se hallaban originalmente una vez finalizados los trabajos.

Se priorizará la ubicación de las canalizaciones en aceras; no obstante, cuando esta opción no sea viable, se recurrirá a la instalación en la calzada. En tales casos, las zanjas se efectuarán en paralelo a la línea de bordillo, manteniendo una distancia de 60 cm para prevenir interferencias con las alcantarillas de drenaje.



En situaciones en las que se requieran tuberías, se seleccionarán aquellas de PVC autoresistente (con exterior corrugado y pared interior lisa), con un diámetro de 200 mm.

En situaciones en las que se prevea la necesidad de cruzar sobre las canalizaciones destinadas a vehículos de gran peso, se procederá a la consolidación de los tubos mediante la aplicación de hormigón de resistencia H-100. Si el hormigón es suministrado por una planta, o bien se utilizará una mezcla de cemento con una proporción de 200 kg/m<sup>3</sup> si se realiza directamente en el lugar de trabajo. Durante este proceso, se tomarán medidas para prevenir la penetración del hormigón en el interior de los tubos.

Cuando sea necesario instalar tanto cables de alta tensión (AT) como cables de baja tensión (BT) en una misma ruta, se construirá la canalización con una sección que coincida con la especificada en los planos correspondientes.

Las tierras extraídas durante las excavaciones se retirarán a diario, ya que no serán empleadas para el relleno posterior.

La terminación de las zanjas se llevará a cabo siguiendo las indicaciones proporcionadas en la sección de Planos.

En el proceso de restitución de las aceras, el pavimento utilizado será idéntico en tipo y textura al que ya está presente. Se establecerá una base de hormigón H-150 con un espesor de 10 cm. Durante el reemplazo, se colocarán losetas completas para asegurar que ninguna loseta afectada por las obras quede sin ser repuesta. Además, se atenderá a reemplazar las losetas en mal estado que sean adyacentes, incluso si no han sido afectadas directamente por las obras.

En la reposición de calzadas o áreas de rodadura con pavimento de aglomerado asfáltico en caliente, el material de reposición será idéntico en características al pavimento preexistente. De ser necesario, se incluirá una base de hormigón conforme a lo existente.

El tipo de aglomerado utilizado se corresponderá con el D-12, según las Especificaciones Generales para Obras de Carreteras y Puentes, con áridos graníticos. La aplicación del aglomerado se llevará a cabo de forma mecánica, excepto en áreas pequeñas donde se aplicará de manera manual. Se procurará que las juntas longitudinales no coincidan con las zonas donde las ruedas de los vehículos pasan.

En calles donde el pavimento original es de hormigón, las reposiciones se ejecutarán mediante losas completas. Una losa completa se define como la superficie delimitada entre las juntas longitudinales y transversales de dilatación o contracción. El nuevo pavimento será de las mismas características que el pavimento previamente instalado.

Cuando se empleen tendidos tubulares, se instalarán arquetas de registro en cambios de

dirección o cada 100 metros en tendidos en línea recta. Estas arquetas facilitarán los trabajos de instalación.

En todas las secciones de las canalizaciones que se instalen, se implementarán señalizadores de cables de acuerdo con la Recomendación UNESA 205A o se utilizarán placas de protección de cables según la Recomendación UNESA 0206 para indicar la presencia de conducciones eléctricas.

## **5.5 Riesgos Ambientales y su Corrección**

### *5.5.1 Ruidos y vibraciones*

Medición y gestión de ruidos y vibraciones.

#### *5.5.1.1 Objeto*

Esta instrucción ambiental tiene por propósito establecer el procedimiento para supervisar el ruido y las vibraciones generados por las instalaciones de Distribución, así como determinar los indicadores que facilitan la monitorización y establecer el plan de acción a seguir en caso de que los resultados no cumplan con los criterios establecidos..

#### *5.5.1.2 Ámbito de aplicación*

Esta instrucción es de aplicación a:

- Centros de transformación

Para determinar los niveles de inmisión de ruidos y vibraciones en el exterior de las mismas y a:

- Líneas eléctricas de alta tensión

Para determinar los niveles de ruidos.

#### *5.5.1.3 Definiciones*

- Ruido: Se trata de una amalgama compleja de sonidos con diversas frecuencias fundamentales. Desde una perspectiva más amplia, se puede clasificar como ruido a cualquier sonido que perturba alguna actividad humana.
- Nivel de fondo: El nivel de sonido presente en el lugar de medición una vez que se ha eliminado la contribución sonora proveniente de la fuente que está siendo evaluada..
- Nivel sonoro en dBA: La medida de la presión sonora ajustada con la curva de

ponderación A, que modifica las frecuencias para que coincidan con la sensibilidad auditiva del oído humano.

- dB(A): decibelio A: La unidad de medida para los niveles de ruido, ajustada usando la curva de ponderación A para corregir las variaciones de sensibilidad que el oído humano tiene en diferentes frecuencias dentro de su rango auditivo.
- Frecuencia: El número de oscilaciones de una onda acústica senoidal que ocurren en un segundo.
- Vibraciones: En términos generales, la sensación vibratoria se refiere a la excitación causada por el contacto directo entre el cuerpo humano y un objeto sólido que está vibrando.
- Efecto corona: Alrededor de los conductores de líneas eléctricas de alta tensión, se genera un campo eléctrico intenso que resulta en la ionización de las moléculas de aire. Esto provoca pequeñas descargas eléctricas intermitentes conocidas como "efecto corona". Este fenómeno produce un ruido característico que es audible. El nivel de ruido generado por el efecto corona depende principalmente de la intensidad del campo eléctrico en la superficie del conductor, además de las condiciones climáticas. En periodos secos, el nivel de ruido audible es considerablemente menor que en condiciones húmedas.

#### *5.5.1.4 Descripción*

##### *5.5.1.4.1 Medición de ruidos*

Se llevarán a cabo mediciones del nivel de ruido en ambientes tanto exteriores como interiores en situaciones donde se presente una queja justificada relacionada con el ruido.

Esta acción puede ser iniciada por la Dirección Territorial de Distribución por diversas razones, incluyendo:

- Cambios en las condiciones acústicas de los equipos presentes en las instalaciones.
- Modificaciones o expansiones de las instalaciones.

En todos los casos mencionados, los responsables de la instalación tienen la opción de solicitar una medición del ruido.

Cuando sea evidente por observación directa que es necesario aplicar medidas correctivas, no se llevará a cabo la medición, y se seguirán los pasos descritos en el procedimiento titulado "Tratamiento de no conformidades, acciones correctivas y

preventivas".

#### *5.5.1.4.2 Equipos de medición*

Para llevar a cabo las mediciones de niveles de sonido, se emplearán sonómetros de precisión que pertenezcan a la Clase 1 o Clase 2 y que cumplan con los requisitos establecidos en las Normas actuales para sonómetros o sonómetros integradores.

Los equipos de medición deberán, al menos, cumplir con las especificaciones mínimas detalladas en las diversas ordenanzas nacionales y locales relacionadas con el control de ruido.

#### *5.5.1.4.3 Calibración de equipos*

Se garantizará que los equipos estén debidamente calibrados según el procedimiento de "Seguimiento de los equipos de inspección y medición".

Previo a cualquier medición, los sonómetros serán sometidos a una auto-calibración siguiendo las instrucciones contenidas en sus respectivos manuales. Aunque los procedimientos de calibración pueden variar según la marca del equipo, generalmente se ejecutan de la siguiente manera:

- Seleccionar la posición calibración del equipo.
- Acoplar el calibrador al micrófono y ponerlo en marcha mediante el interruptor.
- Esperar unos 30 segundos. El valor leído debe coincidir con el nivel seleccionado en el calibrador, de no ser así ajustar el sonómetro hasta que coincida con el nivel correcto.
- Aceptar la calibración.

#### *5.5.1.4.4 Factores a tener en cuenta en la toma de medidas de ruido*

##### *5.5.1.4.4.1 Efectos del observador*

La mayoría de las mediciones se efectúan sosteniendo el sonómetro en la mano. La posición relativa del operador con respecto al sonómetro puede tener un impacto en los resultados, especialmente en mediciones al aire libre y cerca de superficies que reflejan el sonido.

En estas situaciones, el operador puede bloquear las ondas sonoras, sobre todo en frecuencias más altas. Bajo estas circunstancias, las discrepancias pueden llegar a alcanzar los 5 decibelios (dB). Para minimizar este efecto, se alejará el sonómetro lo máximo posible

del cuerpo. En entornos cerrados, esta influencia es menos notoria, ya que las reflexiones del sonido en las paredes contribuyen a que el sonido alcance el micrófono desde diferentes direcciones.

#### *5.5.1.4.4.2 Ondas estacionarias*

En entornos cerrados y de dimensiones reducidas, especialmente cuando hay transmisión de sonido a través de la estructura, las reflexiones entre las paredes generan ondas estacionarias. Estas ondas se traducen en áreas del espacio con niveles sonoros máximos y otras con niveles mínimos. Como consecuencia, al mover el sonómetro de manera gradual en un rango de 50 a 80 cm, se pueden apreciar fluctuaciones en el nivel de hasta 10 dB(A).

#### *5.5.1.4.4.3 Condiciones meteorológicas*

##### Humedad y temperatura

Por lo general, en condiciones de humedad relativa de hasta un 90%, no se requieren medidas de precaución particulares, ya que la precisión de los sonómetros se altera en menos de 0.5 dB. Sin embargo, es fundamental evitar la exposición de los equipos de medición a temperaturas superiores a 50°C, incluso de manera temporal, como podría ser dejarlos al sol dentro de un vehículo. Esto se debe a que se generan cambios en la sensibilidad tanto a corto como a largo plazo en tales circunstancias.

##### Viento

La influencia del viento en el micrófono, particularmente en mediciones al aire libre, conduce a un aumento significativo en el nivel de frecuencias bajas debido a turbulencias cerca del diafragma del micrófono. Para contrarrestar este efecto, las mediciones en exteriores se llevan a cabo siempre con el micrófono protegido mediante pantallas antiviento. Estas pantallas, diseñadas en forma de esfera con alta porosidad y un diámetro de aproximadamente 5 a 10 cm, previenen errores de lectura causados por vientos de intensidad moderada.

En términos generales, para velocidades de viento que excedan los 3 m/s, se abstendrá de realizar la medición.

#### *5.5.1.4.5 Evaluación del ruido*

La evaluación del ruido implica comparar los niveles medidos con los valores máximos permitidos que están establecidos en las normativas aplicables.

Los marcos legales vigentes que regulan los niveles de exposición al ruido son principalmente las ordenanzas municipales de control de ruido. En su mayoría, los

municipios cuentan con estas ordenanzas que establecen límites para diversos tipos de ruido. Estos límites suelen variar según la zona y el horario en que se generan los ruidos. Las zonas son generalmente:

- Las zonas residenciales.
- Las zonas residenciales con pequeñas actividades compatibles con residencias o zonas mixtas.
- Las zonas industriales no compatibles con residencias.

Se establecen dos horarios de referencia (diurno y nocturno) que están determinados según las distintas ordenanzas municipales. De manera general, el horario diurno abarca desde las 8 de la mañana hasta las 10 de la noche, mientras que el horario nocturno va desde las 10 de la noche hasta las 8 de la mañana del día siguiente.

#### *5.5.1.4.6 Definición de la zona y puntos de medición*

Las mediciones se realizan en interiores y/o exteriores del espacio afectado por el ruido.

##### *5.5.1.4.6.1 Medidas en el exterior*

Las medidas en el exterior se hacen a una altura de 1,2 m del suelo y, si es posible, a una distancia mínima de 3,5 m de las paredes, edificios o cualquier estructura reflectante del sonido.

##### *5.5.1.4.6.2 Medidas en el interior*

Las mediciones en interiores se llevan a cabo a una distancia de 1 metro de las paredes y a una altura de 1.2 metros sobre el suelo. Se elige la pared que se considere clave en la transmisión del ruido. En situaciones donde no haya una pared determinante, se opta por la pared opuesta donde el ruido de fondo sea más evidente en dirección ortogonal a la pared (ángulo horizontal) y ligeramente inclinado hacia arriba (ángulo vertical). En la ubicación seleccionada, se procede a desplazar el sonómetro experimentalmente en paralelo a la pared emisora, buscando identificar el punto de máxima presión acústica. Este movimiento se ejecuta en ambos sentidos a lo largo de 0.5 metros. Una vez identificado el punto de mayor intensidad sonora, se establece la estación de medición en ese lugar.

##### *5.5.1.4.7 Duración de la medición*

La duración de la medición está influenciada por la regularidad de las fluctuaciones en el nivel de sonido. El intervalo para la medición debe ser de 15 minutos. Si se trata de fenómenos periódicos, se debe prolongar la duración de la medición al menos por un ciclo

característico del ruido. En situaciones donde exista normativa específica, la duración de la medición será definida por los plazos y pautas estipulados en dicha normativa.

#### *5.5.1.4.8 Determinación de los niveles de ruido*

##### *5.5.1.4.8.1 Centros de transformación*

Se adoptará un enfoque similar al utilizado para las subestaciones. La selección de los puntos de medición se basará en la evaluación de las posibles incomodidades que puedan surgir para la población. Esto puede involucrar la consideración de puntos de medición en interiores de viviendas cercanas a la instalación, si se considera necesario.

##### *5.5.1.4.8.2 Líneas eléctricas de alta tensión*

El ruido perceptible generado por las líneas eléctricas de alta tensión se compone de un zumbido de baja frecuencia y un chisporroteo conocido como "Efecto Corona". Este último es audible bajo los conductores, pero a solo unos pocos metros de distancia, este ruido se ve eclipsado por el nivel de ruido de fondo. Su impacto es limitado a una zona de pocos metros a ambos lados de la línea y disminuye rápidamente hasta desaparecer cuando el observador se aleja de la misma.

La elección de los puntos de medición se enfoca principalmente en aquellos lugares donde el nivel de ruido es más alto. Si es necesario, también se considera el momento y la situación en que las molestias son más notorias. Por esta razón, para evaluar el nivel de ruido, se realizan mediciones debajo de los conductores y a distancias equidistantes del centro de la línea, en ambos lados. La selección de estos puntos de medición se basa en la proximidad a áreas pobladas. Las mediciones se llevan a cabo durante el período horario en que las regulaciones son más estrictas, es decir, durante el horario nocturno.

##### *5.5.1.4.9 Parámetros de medida*

La medición del nivel de sonido se representa en decibelios ponderados, siguiendo la ponderación normalizada A [dB (A)].

En ausencia de instrucciones específicas en la normativa y siempre que las capacidades del sonómetro lo permitan, se miden los siguientes parámetros en cada uno de los puntos:

- $L_{Aeq,T}$ : Nivel de ruido equivalente en ponderación A-weighted. Corresponde al nivel promedio energético calculado para el período de medición. A efectos legales, este valor es el que se ha de comparar con los niveles máximos permitidos.

- L<sub>máx</sub>: Nivel de ruido máximo alcanzado durante el tiempo de medición.
- L<sub>mín</sub>: Nivel de ruido mínimo alcanzado durante el tiempo de medición.

#### *5.5.1.4.10 Medición y determinación de vibraciones*

Las vibraciones son detectadas a través de las estructuras de las viviendas, transmitiéndose a través de los pisos y paredes. En muchos casos, también se perciben los ruidos de baja frecuencia generados por estas vibraciones al excitar diferentes elementos constructivos como muros y suelos. La percepción de estas vibraciones por múltiples vías aumenta la sensación de molestia entre los afectados. Los límites aceptables de vibraciones en las viviendas están definidos en las ordenanzas municipales.

Las subestaciones y los centros de transformación ubicados en edificios habitados con frecuencia son una fuente significativa de vibraciones. La medición de vibraciones solo se llevará a cabo en caso de que se presente una queja justificada o en el proceso de poner en funcionamiento una instalación, si es requerida por alguna normativa administrativa o si es necesario verificar que está por debajo del límite máximo establecido en las ordenanzas municipales..

#### *5.5.1.4.11 Informes de las medidas*

El resultado de las mediciones efectuadas se hace constar en un informe cuyos contenidos mínimos son los siguientes:

- a) Características instalación: código, nombre y término municipal.
- b) Antecedentes: peticionario del informe, motivo u objeto de la medida.
- c) Entorno: características urbanísticas y topología de la zona de medida, descripción del entorno.
- d) Fuentes de ruido: localización, descripción general, característica de la fuente de ruido, características del ruido (continuo, intermitente, etc.).
- e) Receptores: localización, lugares de medida: exterior, interior, etc.
- f) Equipo de medida: sonómetro (marca, modelo, tipo), calibrador (marca, modelo), otros equipos.
- g) Datos de la medida: observaciones, incidencias, condiciones meteorológicas, etc.
- h) Conclusiones: actuaciones que se derivan de la evaluación, adopción o no de medidas correctoras.



#### *5.5.1.4.12 Actuaciones en caso de incumplimiento*

Cuando se violan los límites establecidos por la correspondiente Ordenanza Municipal y la legislación vigente, se tomarán medidas según se detalla en el procedimiento NEA-108 "Tratamiento de no conformidades, acciones correctoras y preventivas".

### *5.5.2 Emisiones a la atmósfera*

#### *5.5.2.1 Campos eléctricos*

##### *5.5.2.1.1 Objeto*

establecer un procedimiento estandarizado para medir los campos eléctricos (CE) y magnéticos (CM) en las instalaciones eléctricas, con el fin de evaluar el nivel de interferencia que la emisión de un campo eléctrico y/o magnético podría generar en dichas instalaciones. El objetivo fundamental es garantizar que el funcionamiento en las propias instalaciones no exceda los límites definidos en la recomendación europea, que para la frecuencia industrial de 50 Hz son los siguientes::

- Campo eléctrico: 5 kV/m.
- Campo magnético: 100  $\mu$ T.

##### *5.5.2.1.2 Ámbito de aplicación*

Este procedimiento es de aplicación a la medición de campos eléctricos y magnéticos existentes en las proximidades de líneas distribución, centros de transformación y red de baja tensión propias del sistema eléctrico.

##### *5.5.2.1.3 Definiciones*

- Intensidad de campo eléctrico: Si se tiene un conjunto de cargas eléctricas y se coloca una carga de prueba  $q$  inmóvil en dicha región, esta carga experimentará una fuerza. Esta fuerza será proporcional a la carga  $q$ , de tal modo que el cociente  $F/q$  es invariable y representa una propiedad local del espacio que denominamos campo eléctrico  $E$ . El campo eléctrico se expresa en voltios por metro (V/m). La intensidad de campo eléctrico en un punto del espacio, es un vector definido por sus componentes espaciales a lo largo de tres ejes ortogonales. Para campos sinusoidales de régimen permanente, cada componente espacial es un número complejo o fasor (véase fasor). Los componentes espaciales (fasores) no son vectores. Las componentes espaciales tienen un ángulo en función del tiempo, mientras que los vectores tienen ángulos espaciales. Una representación de un

campo eléctrico sinusoidal de régimen permanente, útil para caracterizar campos de líneas de transmisión de energía eléctrica, es un vector girando en un plano donde describe una elipse cuyo semieje mayor representa la magnitud y dirección del máximo valor del campo eléctrico, y cuyo semieje menor representa la magnitud y dirección del campo un cuarto de ciclo más tarde. El campo eléctrico en dirección perpendicular al plano de la elipse es cero. Véase campos de corriente alterna monofásicos y polifásicos.

- Frecuencia: Número de ciclos completos de variación sinusoidal por unidad de tiempo. Los componentes de los campos eléctrico y magnético tienen una frecuencia fundamental igual a la de las tensiones y corrientes de la línea de transmisión de energía eléctrica. Las frecuencias más utilizadas en líneas de corriente alterna son 60 (en América del Norte) y 50 Hz (en Europa).
- Densidad de flujo magnético: Los campos magnéticos son producidos por cargas en movimiento, es decir, por corrientes eléctricas (también se pueden producir campos magnéticos con imanes permanentes). El campo magnético en un punto dado del espacio puede ser definido como la fuerza que se ejerce sobre un elemento de corriente situado en dicho punto. Esta magnitud, conocida como campo magnético  $H$ , se expresa en amperios por metro (A/m). Normalmente, el campo magnético se representa por la inducción magnética o densidad de flujo magnético  $B$ . Ambos términos se relacionan a través de la permeabilidad magnética  $\mu$  ( $B = \mu H$ ). La permeabilidad magnética depende del medio. En el vacío se designa como  $\mu_0$ . En el aire y en la mayoría de los materiales no magnéticos (incluido el tejido humano) coincide esencialmente con  $\mu_0$  y tiene un valor de  $4\pi \times 10^{-7}$  henrios/metro, por lo que la relación entre  $B$  y  $H$  es invariable y se puede usar indistintamente. Las propiedades vectoriales del campo producido por las corrientes de las líneas de transmisión de energía eléctrica, son las mismas que las indicadas anteriormente para el campo eléctrico. La magnitud del campo se expresa en teslas ( $1 \text{ T} = 10^4 \text{ G}$ ).
- Valor máximo de la intensidad del campo eléctrico: En un punto dado, módulo del semieje mayor de la elipse del campo eléctrico. Véase intensidad del campo eléctrico.
- Valor máximo del campo magnético: En un punto dado, módulo del semieje mayor de la elipse del campo magnético.

#### *5.5.2.1.4 Descripción*

##### *5.5.2.1.4.1 Medición de campos eléctricos y magnéticos*

Se efectúan mediciones del nivel de campo electromagnético en entornos interiores y exteriores en los siguientes casos:

- Se produzca una queja justificada.
- Por iniciativa de la Dirección Territorial de Distribución en respuesta a cambios en las características de los equipos instalados u otras modificaciones o expansiones de las instalaciones.

Se brinda respuesta a todas las reclamaciones, quejas y solicitudes de información con el objetivo de aliviar las preocupaciones del reclamante. Si la reclamación persiste o se anticipa que podría generar inquietudes significativas, el responsable del área o departamento correspondiente evaluará la conveniencia de realizar la medición.

En cualquier circunstancia, los responsables de la instalación tienen la opción de solicitar la realización de la medición.

##### *5.5.2.1.4.2 Equipos de medida*

Se deberá utilizar, para efectuar las mediciones, equipos de medición numérica o de agujas que posean, como mínimo, los siguientes rangos de medición:

- Campo eléctrico: de 1 V a 50 kV
- Campo magnético: de 0,01  $\mu$ T a 200  $\mu$ T.
- Ancho de banda de frecuencias: 50 Hz.

##### *5.5.2.1.4.3 Calibración de los equipos*

Se garantizará que los equipos estén correctamente calibrados conforme a la instrucción técnica NNA-108 “Seguimiento y calibración de los equipos de medición”.

##### *5.5.2.1.4.4 Método general de medida*

“Protocolo de medida de Campos Eléctricos y Magnéticos” que establece los criterios para la realización de campos magnéticos en las siguientes instalaciones:

- Líneas aéreas de transporte y distribución.
- Subestaciones transformadoras.

- Centros de transformación.
- Red de baja tensión.
- Viviendas.

Y para las mediciones de campo eléctrico:

- Líneas aéreas de transporte y distribución.

#### 5.5.2.1.5 *Evaluación de las medidas*

La evaluación de los niveles de campo eléctrico y magnético consiste en la comparación de los niveles medidos con los niveles máximos admisibles fijados en las recomendaciones existentes en el ámbito estatal y europeo.

La normativa de referencia es la siguiente:

- Recomendación del Consejo de la U.E., de 12 de julio de 1999, relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos de 0 a 300 Hz (199/519/CE).
- Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas. Dicha normativa, o modificaciones posteriores, es la que se utilizará para la comparación de los valores obtenidos.

#### 5.5.2.1.5.1 *Actuaciones relativas a las medidas de campo electromagnético*

En caso de que se superen los límites establecidos por la normativa mencionada anteriormente, se seguirá el protocolo detallado en el documento "Tratamiento de no conformidades, acciones correctoras y preventivas".

### 5.5.3 *Utilización del agua y vertidos líquidos*

#### 5.5.3.1 *Envasados, etiquetados, depósito temporal y almacenamiento de los residuos peligrosos*

##### 5.5.3.1.1 *Objeto*

El objeto es definir los criterios a seguir respecto al envasado, etiquetado, depósito temporal y almacenamiento de los residuos peligrosos que se producen en las instalaciones.

#### *5.5.3.1.2 Ámbito de aplicación*

Es de aplicación a la gestión de los residuos peligrosos, producidos en las instalaciones de transporte, transformación y distribución eléctrica.

#### *5.5.3.1.3 Definiciones*

- Centro productor de residuos: Agrupación de varios centros generadores de residuos desde donde se realiza su gestión unificada.
- Depósito temporal: Lugar de almacenamiento de los residuos peligrosos, dentro del período permitido por la legislación.
- Envasado: Acción de introducir alguna sustancia en un envase para su conservación o transporte.
- Envase: Recipiente para contener cualquier sustancia.
- Etiquetado: Poner el rótulo o marcar el recipiente para valorar e identificar la sustancia que contiene.

#### *5.5.3.1.4 Descripción*

##### *5.5.3.1.4.1 Ubicación de residuos peligrosos*

En cada Centro Productor, se dispone de un espacio especialmente destinado al almacenamiento de residuos, el cual está debidamente identificado mediante la señalización "Área de Almacén de Residuos". En esta zona, se lleva a cabo la disposición de los residuos recibidos, los cuales han sido previamente clasificados y etiquetados de acuerdo a los requisitos establecidos. Para cada categoría de residuo, se emplean contenedores adecuados que garantizan una manipulación segura y apropiada.

La ubicación exacta de estos contenedores se selecciona en función de las necesidades operativas y de mantenimiento de los procesos comerciales en cada territorio. Esto asegura que la disposición se alinee con los requerimientos específicos de cada área y proceso, optimizando así la gestión integral de los residuos en cuestión.

##### *5.5.3.1.4.2 Almacenamiento*

#### Envasado

Cada Centro Productor de Residuos cuenta con contenedores adecuados, en conformidad con las normativas vigentes, para cubrir todas las categorías de residuos que recibe. Se otorga especial importancia a la correcta separación de los residuos peligrosos, evitando

mezclas que puedan aumentar su peligrosidad o complicar su gestión posterior.

Los envases utilizados y sus cierres están diseñados de manera que se minimicen las posibles pérdidas de contenido. Estos recipientes se construyen con materiales que no son susceptibles de reaccionar con el contenido ni de generar combinaciones peligrosas. Además, garantizan solidez y resistencia para soportar las manipulaciones requeridas, evitando cualquier posibilidad de fugas.

En el caso de residuos peligrosos en forma de gas comprimido, licuado o disuelto a presión, los envases deben cumplir con las regulaciones específicas establecidas en normativas como el reglamento sobre aparatos a presión.

La elección de los envases se orienta hacia aquellos que faciliten la introducción y posterior extracción de los residuos, considerando tanto los recursos disponibles en cada Centro Productor como la cantidad de residuos generados.

### Etiquetado

Todos los contenedores están debidamente etiquetados. La etiqueta se sitúa en una o más caras del embalaje, de forma que pueda leerse horizontalmente, cuando el embalaje esté colocado en la forma establecida.

La etiqueta debe estar firmemente fijada sobre el envase, anulándose, si fuera necesario, indicaciones o etiquetas anteriores de forma que no induzcan a error. Las dimensiones de la etiqueta nunca son inferiores a 100 x 100 mm utilizándose preferentemente los formatos normalizados DIN-A6 (105 x 148 mm) para contenedores inferiores a 500 l de capacidad y DIN-A5 (148 x 210 mm) para los de superior capacidad. Cada pictograma debe ocupar por lo menos una décima parte de la superficie de la etiqueta. La etiqueta se adhiere en toda su superficie al embalaje que contenga directamente la sustancia. En la etiqueta figura el código de identificación del residuo, el nombre y dirección del titular de los residuos, la fecha de envasado y la naturaleza de los riesgos que presentan los residuos.

Para indicar la naturaleza de los riesgos se usan en los envases los siguientes pictogramas:

- Explosivo.
- Comburente.
- Extremadamente inflamable.
- Fácilmente inflamable.
- Tóxico.

- Muy tóxico.
- Nocivo.
- Irritante.
- Corrosivo.
- Peligroso para el medio ambiente.
- Radioactivos.

#### Condiciones de almacenamiento

El periodo de almacenamiento de los residuos peligrosos no debe exceder los seis meses, a menos que se cuente con una autorización especial otorgada por el órgano competente de la Comunidad Autónoma. En situaciones que lo requieran, se establecerán áreas de almacenamiento segregadas e independientes dentro del almacén de residuos para cada categoría de residuo.

La disposición de los residuos en el almacén debe garantizar la ausencia de generación de calor, explosiones, igniciones u otras reacciones que aumenten su peligrosidad o compliquen su manejo. Por esta razón, los lugares de almacenamiento se ubicarán alejados de fuentes de ignición y calor, en espacios cubiertos. Los contenedores deberán llevar una identificación clara y precisa, permitiendo el almacenamiento de un solo tipo de residuo o varios tipos que sean compatibles entre sí.

La construcción o adecuación de los almacenes se llevará a cabo siguiendo las directrices de la "Especificación para construcción o adecuación de almacenes para residuos peligrosos". Se considerarán las condiciones climáticas y pluviométricas de cada localización, adaptando tanto la cubierta como la estructura perimetral en función de las direcciones predominantes del viento. Se preverá la suficiente ventilación para el almacenamiento de residuos de disolventes.

Las inspecciones anuales de los almacenes de Residuos Peligrosos son llevadas a cabo por el responsable del almacén. Estas inspecciones se documentan en un registro específico llamado "Inspección del almacén de Residuos Peligrosos". En caso de detectarse deficiencias, se tomarán las medidas adecuadas para corregirlas, y se registrará cualquier no conformidad de acuerdo al procedimiento establecido..

### *5.5.3.2 Control del PCB contenido en aceite dieléctrico usado y equipos desechados*

#### *5.5.3.2.1 Objeto*

Tiene por objeto describir el control que debe realizarse al aceite dieléctrico y equipos sospechosos de contener PCBs, destinados a la eliminación, con el fin de garantizar la correcta gestión de los mismos.

#### *5.5.3.2.2 Ámbito de aplicación*

Esta instrucción técnica debe ser aplicada a los aceites dieléctricos usados y a todos los dispositivos que contengan aceites sospechosos de contener PCBs, siempre y cuando sean propiedad de Eléctrica y estén destinados para su eliminación o descontaminación. En los casos en que el servicio sea subcontratado, el contratista está obligado a seguir los procedimientos y requisitos establecidos en esta Instrucción Técnica. Se excluyen de este alcance los equipos que se encuentren en funcionamiento en las diversas instalaciones o que estén almacenados para un uso futuro. La determinación del contenido de PCB en estos elementos se realiza siguiendo el "Procedimiento para la detección y gestión de los transformadores MT/BT contaminados con PCB" o sus versiones actualizadas.

#### *5.5.3.2.3 Definiciones*

- PCB (Policlorobifenilos): Líquido aislante formado por una mezcla de varios isómeros y compuestos homólogos, obtenidos por sustitución de, al menos, dos átomos de hidrógeno de la molécula de bifenilo por átomos de cloro.
- Aparatos que contienen PCB: Cualquier aparato que contenga o haya contenido PCB tales como, los transformadores, condensadores, etc., en una cantidad superior a 0,05 %.
- Almacén de PCBs: Lugar específicamente habilitado para el almacenamiento temporal de los aparatos que contienen PCB que van a ser eliminados.

#### *5.5.3.2.4 Descripción*

##### *5.5.3.2.4.1 Caracterización del contenido de PCB en aceite usado en bidones o depósitos*

El aceite usado es analizado con objeto de determinar si contiene PCB en una cantidad superior al 0,05% en peso (50 ppm).

##### *5.5.3.2.4.2 Análisis con kit químico*



Se efectúan las siguientes operaciones:

- Antes de su incorporación a un depósito o la retirada por gestor del aceite dieléctrico almacenado se realiza un análisis mediante kit de cloro para determinar la posibilidad de que se halle contaminado con PCB.
- Se toma una muestra del aceite y se aplica un KIT QUÍMICO siguiendo las instrucciones especificadas en el mismo. El Kit de ensayo utilizado para realizar este test es el modelo Clor-n-oil 50 de la marca Dexsil. Se extrae una pequeña muestra con una cantidad mínima de 5 ml. a través del dispositivo de vaciado, o en su defecto con una pipeta directamente del depósito.
- Si el resultado del análisis es negativo, se puede determinar que el aceite no contiene PCB y que por tanto se puede incorporar al depósito y gestionarse como exento de PCB. En caso de detectarse la presencia de estos compuestos (resultado positivo) se toma una muestra que es enviada a analizar a un laboratorio homologado para determinar la cantidad precisa de esta sustancia. La muestra lleva adherida una etiqueta identificativa para su posterior identificación. La analítica de laboratorio se realizará sólo cuando se estime que la diferencia del coste como residuo sin PCB más el coste de la analítica, sea significativamente inferior al coste de la gestión de aceite contaminado con PCB.
- Una vez confirmada su presencia mediante análisis cromatográfico el contenido del bidón será retirado lo antes posible por un gestor autorizado para PCBs. El kit utilizado es gestionado como residuo de laboratorio. Durante la extracción y realización del ensayo hay que cumplir las normas de seguridad relativas a la manipulación de estos compuestos, así como evitar toda posible contaminación. El resultado del análisis del Kit químico se anota en el registro RNNA-106/01 “Resultados analítica Kit químico.
- Envío de las muestras posiblemente contaminadas al laboratorio.
- Establecerá una zona adecuada para el almacenamiento de las muestras y debe ponerse en contacto con el laboratorio designado para el análisis cromatográfico para que procedan a la recogida de las mismas.

#### *5.5.3.2.4.3 Caracterización del contenido de PCB de los equipos*

##### Recepción de aparatos en Almacén Regulador

Los transformadores, condensadores y otros equipos especiales que contienen aceite son trasladados al Almacén Regulador de cada zona o Unidad de Operación y Mantenimiento

(UOT). Una vez en el almacén, se evaluará su estado y utilidad (conservación, reparación o retirada) siguiendo el Procedimiento Interno para el tratamiento de Transformadores de Distribución.

Los transformadores y otros equipos que se consideren como desechables se almacenan por separado y en condiciones adecuadas. El responsable de Logística es responsable de ingresar los datos correspondientes del aparato recibido, basándose en su Ficha de Inventario y/o en su placa de características, en la base de datos del Almacén..

#### Toma de muestras y envío al laboratorio

Antes de ser retirados por el gestor, se realiza una recolección de muestras y un análisis en un laboratorio aprobado para determinar la presencia de contaminantes como PCBs o PCTs. El encargado del almacén se coordinará con el laboratorio designado para llevar a cabo la toma de muestras y asegurar su recogida adecuada..

### *5.5.4 Generación, almacenamiento y eliminación de residuos*

#### *5.5.4.1 Gestión de los residuos*

##### *5.5.4.1.1 Objeto*

El objeto de la presente Instrucción es definir el modo de realizar la gestión de residuos peligrosos generados en las instalaciones.

##### *5.5.4.1.2 Ámbito de aplicación*

Esta Instrucción Técnica es de aplicación a todas las instalaciones de la empresa que generen y almacenen residuos peligrosos como:

- Líneas de transporte y distribución.
- Centros de transformación.
- Red de baja tensión.

##### *5.5.4.1.3 Definiciones*

- Residuos peligrosos: Son aquellos que figuran en la lista de residuos peligrosos, así como los recipientes y envases que los hayan contenido, los que hayan sido clasificados como peligrosos por la normativa comunitaria, los que pueda aprobar el Gobierno de conformidad con lo establecido en la Norma europea o en

convenios internacionales de los que España sea parte y los definidos en las legislaciones Autonómicas correspondientes.

- **Productor del residuo:** Cualquier persona, física o jurídica cuya actividad, excluida la derivada del consumo doméstico, produzca residuos o que efectúe operaciones de tratamiento previo, de mezcla, o de otro tipo que ocasionen un cambio de naturaleza o de composición de estos residuos.
- **Gestor:** Persona o entidad, pública o privada, autorizada por la Administración, que realice cualquiera de las operaciones que componen la gestión de los residuos, sea o no el productor de los mismos.
- **Gestión:** La recogida, el almacenamiento, el transporte, la valorización y/o eliminación de los residuos, incluida la vigilancia de estas actividades, así como la vigilancia de los lugares de depósito o vertido después de su cierre.
- **Gestión interna:** Conjunto de operaciones de agrupamiento y almacenamiento temporal de los residuos realizada por los productores al objeto de facilitar las operaciones de gestión posterior.
- **Centro generador de residuos:** Cualquier instalación productora de residuos.
- **Centro productor de residuos:** Agrupación de varios centros generadores de residuos donde se realiza su gestión unificada.

#### *5.5.4.1.4 Descripción*

##### *5.5.4.1.4.1 Tipos de residuos*

Los distintos residuos industriales peligrosos que se gestionan conforme a la presente Instrucción Técnica son:

- Aceite dieléctrico usado.
- Disolventes usados.
- Trapos, papel, serrines, filtros de aceite y otros absorbentes contaminados con disolventes, grasas y aceites.
- Tubos fluorescentes y lámparas de vapor de mercurio.
- Baterías usadas.
- Pilas usadas.

- Residuos con amianto.
- Envases contaminados (de pinturas, productos químicos, etc.).
- Residuos de laboratorio y productos químicos caducados.
- Transformadores y otros equipos usados que contengan aceite dieléctrico.
- Residuos con PCBs o PCTs y elementos que los contengan.
- Postes impregnados con creosotas.
- Residuos de instalaciones con SF<sub>6</sub>.
- Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos con componentes peligrosos (RAEEs).
- Tóner usados.

#### 5.5.4.1.4.2 *Recogida selectiva y traslado de residuos*

Los operarios encargados del mantenimiento asumen la responsabilidad de recolectar los residuos peligrosos que generen y transportarlos en contenedores adecuados hasta los puntos de recogida ubicados en los Centros Laborales, o directamente al almacén de residuos peligrosos. Para las pequeñas cantidades de aceite usado que surgen durante las labores de mantenimiento, se emplea un bidón designado para este propósito. Una vez que el bidón esté lleno, se traslada al Centro Productor correspondiente. El mismo enfoque se aplica para la recolección de disolventes y otros productos líquidos desechados.

Se hace hincapié en situar los puntos de recogida con contenedores temporales bajo techo y sobre superficies impermeables. Los contenedores que alberguen líquidos deben estar posicionados en cubetos de retención para prevenir posibles derrames. Desde estos puntos de recolección, los residuos peligrosos se envían a los almacenes de residuos peligrosos (Centro Productor) de cada zona o isla. En general, los mismos departamentos generadores de residuos son responsables de trasladarlos hasta los Almacenes RP.

En circunstancias específicas, el servicio de almacenes puede encargarse de llevar los residuos hasta el almacén correspondiente después de recibir una solicitud por parte del servicio productor. Se adoptarán medidas necesarias para proteger los recipientes y embalajes durante el transporte. La carga se cubrirá y asegurará adecuadamente para prevenir movimientos o daños durante el transporte, especialmente en rutas desafiantes o en mal estado. En caso de requerir un transportista autorizado para el transporte de residuos,

este proceso será gestionado directamente desde el centro productor, evitando cualquier desplazamiento que pueda implicar incumplimiento normativo. Esto se aplica a situaciones como los aceites con PCBs, materiales con amianto o cuando se superen las cantidades exentas según la aplicación del ADR.

#### *5.5.4.1.4.3 Almacenamiento*

Los residuos se mantienen en la fase de almacenamiento temporal hasta que sean retirados definitivamente por un gestor autorizado. En todos los casos, se establece un límite máximo de almacenamiento de seis meses en ese punto, a menos que se cuente con una autorización otorgada por el Órgano Competente de la Comunidad Autónoma correspondiente.

El almacén destinado a los residuos peligrosos debe ser claramente distinguido del resto de las áreas mediante un cerramiento adecuado y una identificación visible. El suelo del almacén deberá ser impermeable y estanco, con una pendiente diseñada para garantizar el drenaje hacia una ubicación segura.

#### *5.5.4.1.4.4 Registro*

El encargado del almacén de residuos peligrosos realiza actualizaciones en la Base de Datos de control de almacenamiento, así como en el libro de registro de residuos peligrosos, cada vez que se reciban nuevos residuos o se planee su retirada por parte de un gestor autorizado.

La Base de Datos se compone de dos secciones: una dedicada al registro del control de almacenamiento y otra destinada al registro de los residuos peligrosos entregados al gestor (Libro de Registro).

Los campos mínimos que contendrán los registros son los siguientes:

- Registro de control de almacenamiento:
  - Almacén: lugar donde se almacena el residuo.
  - Residuo: tipología.
  - Tipo de envase: bidones, cajas, palets, unidades.
  - Cantidad: entrada, salida y almacenada.
  - Fecha: de entrada, de salida y límite legal de almacenamiento.
- Registro de residuos entregados a gestor:

- Fecha: de retirada.
- Centro productor: instalación de donde procede el residuo.
- Residuo: tipología.
- Cantidad: Kg retirados.
- Nº justificante: número documento de control y seguimiento o justificante de entrega.
- Código: códigos de los residuos según C.E.R. y normativa estatal.
- Datos del gestor: Nombre, NIF, número de autorización y datos del vehículo y remolque (matrículas) que ha efectuado la retirada.

#### *5.5.4.1.4.5 Declaración anual de residuos peligrosos*

Utilizando la información recopilada sobre la gestión de cada categoría de residuos, se procede anualmente a elaborar la Declaración Anual de Residuos Peligrosos. Esta declaración es presentada ante la autoridad autónoma competente, siguiendo las directrices establecidas en cada Instrucción Territorial correspondiente.

Por lo general, la presentación de la Declaración Anual debe llevarse a cabo antes del 1 de marzo en todas las Comunidades Autónomas, con la excepción de Cataluña, donde el plazo se extiende hasta el 31 de marzo.

#### *5.5.4.1.4.6 Envasado de residuos peligrosos*

Se tienen en cuenta las normas de seguridad incluidas en la Instrucción “Envasado, etiquetado y depósito temporal de Residuos Peligrosos”.

#### *5.5.4.1.4.7 Etiquetado de residuos peligrosos*

Los recipientes o envases que contengan residuos peligrosos están etiquetados de forma clara, legible e indeleble. Para ello se siguen las indicaciones de la Instrucción “Envasado, etiquetado y depósito temporal de Residuos Peligrosos”.

#### *5.5.4.1.4.8 Retirada de residuos por gestor autorizado*

El responsable del almacén de residuos peligrosos supervisa la operación de carga, comprobando que:

- La carga se realiza exclusivamente con los envases que corresponden.

- La carga se realiza correctamente y siguiendo las normas de seguridad adecuadas.

Una vez finalizada la operación de carga, el responsable del almacén de residuos exigirá al gestor los justificantes de entrega de residuos, realizando las siguientes actuaciones:

- Recoger el albarán de entrega.
- Recoger el documento Justificante de Entrega, para los residuos que tienen como destino un centro de tratamiento o depósito intermedio de la Comunidad Autónoma.
- El responsable del Almacén sellará y firmará la casilla correspondiente al residuo del

Documento de Control de Recogida de Residuos Peligrosos.

- El responsable del Almacén sellará y firmará la casilla correspondiente al residuo de la Hoja de Control de Recogida de Aceites Usados “Documento A”.

Es fundamental asegurarse de que los justificantes de retirada estén debidamente completados en su totalidad, incluyendo tanto los detalles del gestor como los del productor. En situaciones en las que no sea posible completar el justificante en el momento de la recepción de los residuos por parte del gestor, como por ejemplo cuando no se pueda determinar el peso exacto de la partida, se solicitará un justificante de entrega que excluya el peso, especificando que está "pendiente de peso". Una copia de este justificante, junto con una copia del albarán, se enviará al Responsable Territorial de Medio Ambiente. Posteriormente, el gestor proporcionará los datos faltantes, que se añadirán al justificante correspondiente.

#### Tipología y gestión particularizada de los residuos peligrosos

A continuación se indica la gestión interna de cada uno de los residuos peligrosos generados por las actividades asociadas al transporte y distribución de energía eléctrica:

#### Aceites usados

Los aceites usados recolectados en las Subestaciones Transformadoras se almacenan cuidadosamente en tanques o bidones, los cuales están debidamente etiquetados según la situación particular. El responsable encargado de la gestión de los aceites usados mantiene un registro exhaustivo que detalla la cantidad, calidad, procedencia, ubicación y las fechas de entrega y recepción de los aceites usados retirados. Es esencial evitar cualquier tipo de mezcla entre aceite contaminado con PCB y otros aceites. Para garantizar esto, se aísla el

aceite contaminado en su recipiente original y se toman precauciones para evitar cualquier forma de contaminación en los tanques o bidones de mayor tamaño.

De manera periódica o cuando los servicios productores lo indiquen, los aceites usados son recolectados por un gestor debidamente autorizado para llevar a cabo su posterior destrucción o valorización. En cuanto a los aceites usados recolectados en las instalaciones de MT/BT, son transportados al almacén correspondiente en la zona específica. Allí, se disponen en bidones o tanques de acuerdo al método de retirada que esté establecido para cada caso particular.

#### Disolventes usados

Se ha establecido un sistema de recogida específico para los disolventes usados, que involucra el uso de bidones debidamente etiquetados y adecuados para los diferentes tipos de disolventes. Se cuenta con bidones específicos y etiquetados para los disolventes halogenados, así como para los disolventes no halogenados. Cuando los servicios productores de disolventes usados lo solicitan, se procede al traslado de estos disolventes al Almacén de Residuos Peligrosos (Almacén de RPs). En este almacén, los disolventes son centralizados y almacenados de manera adecuada. Posteriormente, un gestor autorizado se encarga de recoger estos disolventes desde el almacén para llevar a cabo su posterior proceso de destrucción o valorización.

#### Trapos, papel, serrines, filtros y otros absorbentes contaminados con aceites y grasas

Los absorbentes utilizados son cuidadosamente recopilados en recipientes debidamente etiquetados con la indicación de "absorbentes". Para las situaciones en las que se requiere una recolección específica, se cuentan con contenedores estratégicamente ubicados en las áreas generadoras de estos residuos. Estos desechos, en intervalos regulares o cuando los mismos servicios productores lo determinan, se transportan al Almacén de Residuos Peligrosos (Almacén de RPs) para su centralización y resguardo. A partir de este punto, un gestor debidamente autorizado asume la responsabilidad de recogerlos con el fin de llevar a cabo su posterior eliminación o valorización.

#### Residuos con amianto

La producción de estos desechos es de carácter sumamente ocasional, ya que no se realizan nuevas instalaciones con dicho material. En situaciones puntuales en las que puedan surgir residuos con contenido de amianto (por ejemplo, durante el desmantelamiento de subestaciones o centros laborales), se procederá a la eliminación de estos materiales por parte de una empresa especializada.

En cuanto a los envases que se vuelven contaminados, estos son trasladados a



contenedores o recipientes adecuados dispuestos en los puntos designados para su recolección. A partir de estos puntos, los envases contaminados son dirigidos hacia los Almacenes de Residuos Peligrosos (Almacenes de RPs) ubicados en cada isla o zona correspondiente. Desde allí, un gestor autorizado se encarga de llevar a cabo su recogida y posterior tratamiento.

#### Residuos de laboratorio y productos químicos caducados

En ciertas ocasiones, pueden generarse residuos procedentes de actividades de laboratorio. Estos productos se disponen en contenedores apropiados, tomando especial precaución para evitar la mezcla de sustancias que pudieran reaccionar entre sí. Una vez que el contenedor esté lleno, se remite al Almacén de Residuos Peligrosos (Almacén de RPs) correspondiente en la isla o zona para su almacenamiento y posterior entrega a un gestor debidamente autorizado.

El silicagel con cobalto desechado, que se origina en las subestaciones, se deposita en un contenedor adecuado y se envía al Almacén de RPs de la zona o isla para su almacenamiento y gestión posterior. En los centros laborales y almacenes de la zona, es posible que ocasionalmente se almacenen productos químicos caducados (como productos de limpieza, disolventes, grasas, etc.). Una vez identificados, estos productos serán tratados como residuos peligrosos. Estos residuos se transportarán en sus envases originales hasta el Almacén de RPs, donde se guardarán por separado en contenedores adecuados, como bidones plásticos homologados. La recolección de estos residuos estará a cargo de un gestor externo autorizado..

#### Transformadores y otros equipos usados que contengan aceite dieléctrico

Los transformadores MT/BT, así como los condensadores y otros equipos especiales con aceite, se transportan hasta el Almacén Regulador de Aprovisionamientos asignado a su ubicación. Una vez allí, se determina su destino (conservación, reparación o retirada) de acuerdo al procedimiento interno detallado en el "Procedimiento para el Tratamiento de Transformadores de Distribución". Aquellos transformadores y equipos que se consideren desechables se almacenan de manera separada y en condiciones apropiadas en los respectivos almacenes de la zona correspondiente.

En cuanto a los transformadores de AT, debido a su considerable peso y al volumen de aceite que contienen, son retirados directamente por el gestor en la subestación donde se encuentran instalados. Esta medida facilita la gestión de estos elementos de mayor envergadura y garantiza un manejo adecuado en su proceso de retirada y tratamiento.

#### Residuos con PCBs o PCTs y materiales que los contengan

Para la gestión de estos residuos se seguirá el procedimiento especificado en la Instrucción Técnica NNA-106 “Control de PCB contenido en el aceite dieléctrico usado y equipos desechados”.

#### Postes de madera impregnados con sustancias peligrosas

Los postes de madera tratados con creosota, al ser retirados, son trasladados hasta los almacenes de zona designados, donde se almacenan en espera de ser entregados a un gestor de residuos debidamente autorizado. Cuando se da la circunstancia de que la madera tratada se comercializa o se destina al mercado de segunda mano, se establece el requisito de que el comprador o receptor de dichos postes firme una declaración de reconocimiento en la que se tenga pleno conocimiento de las restricciones de uso impuestas sobre la madera tratada con creosota. Este procedimiento garantiza la adecuada gestión y seguimiento de la madera tratada, así como la información transparente a los futuros usuarios.

#### Residuos de instalaciones con SF6

Los desechos derivados de instalaciones que contienen SF6, tales como partículas recogidas y los elementos y materiales de seguridad empleados en su manipulación, son dispuestos en contenedores plásticos no inflamables equipados con cierres de seguridad. Los dispositivos que originalmente contenían estos materiales son sometidos a un proceso de limpieza antes de ser enviados a un gestor especializado, con el propósito de reutilizar o reciclar dichos elementos. Cuando se retiren de servicio los interruptores o cabinas de SF6 selladas al llegar al final de su vida útil, se llevarán a los Almacenes Reguladores respectivos para su posterior eliminación, en coordinación con los fabricantes y de acuerdo con los protocolos establecidos en cada territorio. En el caso del gas SF6 recuperado o repuesto de instalaciones, se recolectará en botellas y se etiquetará según su calidad para determinar la posibilidad de su reutilización. En aquellos casos en los que se clasifique como residuo peligroso, se identificará de manera correspondiente para su eliminación adecuada.

#### Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEEs)

Los desechos provenientes de aparatos eléctricos y electrónicos que contienen componentes considerados peligrosos, como interruptores de mercurio, vidrio de tubos catódicos, equipos de aire acondicionado, entre otros, se depositan en contenedores diseñados para tal fin. A partir de aquí, se dirigen a los Almacenes de Residuos Peligrosos de cada isla o zona para su recolección posterior por parte de un gestor debidamente autorizado. Si el volumen de estos residuos lo justifica, existe la posibilidad de que el gestor autorizado recoja los desechos directamente en el lugar de su generación. En el caso de aparatos específicos, como contadores y otros equipos de baja tensión (inferior a 1 Kv), se trasladarán a los Almacenes Reguladores con el propósito de que sean retirados por los fabricantes al

momento de llevar a cabo un nuevo suministro. Esta acción se llevará a cabo en conformidad con los acuerdos establecidos con cada uno de los suministradores pertinentes.

### *5.5.5 Almacenamiento de productos*

#### *5.5.5.1 Objeto*

El objeto de esta instrucción es el establecimiento de las condiciones para el almacenamiento y gestión de materias peligrosas, que deben cumplir las instalaciones de Distribución.

#### *5.5.5.2 Ámbito de aplicación*

La presente instrucción técnica es de aplicación a todas las materias primas utilizadas en los procesos de Distribución y calificadas como peligrosas en la legislación vigente.

Podemos destacar las siguientes:

- Gases comprimidos, licuados y disueltos a presión envasados en botellas y botellones (SF<sub>6</sub>, acetileno, dióxido de carbono, etc.).
- Productos petrolíferos (aceites y grasas).
- Productos químicos almacenados en sacos, garrafas, bidones y contenedores (disolventes, pinturas, etc.).

Quedan excluidos de la presente los transformadores que contienen aceite dieléctrico que son tratados particularmente en la “Almacenamiento y gestión de los transformadores de Distribución”.

#### *5.5.5.3 Definiciones*

- Sustancia peligrosa: Es aquella cuya utilización, manipulación, o almacenamiento, presenta grave riesgo de afecciones y daños a personas, instalaciones o Medio Ambiente.
- Almacenamiento: es el conjunto de recipientes de todo tipo que contengan o puedan contener productos, equipos y/o materiales, incluyendo los tanques y depósitos propiamente dichos, sus cubetos de retención, las calles intermedias de circulación y separación, las tuberías de conexión y las zonas e instalaciones de carga, descarga y trasiego anejas.
- Almacenamiento provisional: almacenamiento no permanente de productos en espera de ser reexpedido, acondicionado u otro tipo de utilidad, y cuyo período de

almacenamiento previsto no supere el mes con carácter general, o el tiempo establecido para la ejecución de la obra.

- Zona de carga/descarga: lugar donde se realizan las operaciones de carga y descarga, trasvase entre recipientes y tanques.
- Cubeto: recipiente capaz de retener los productos contenidos en los elementos de almacenamiento o transporte de estos en caso de vertido o fuga de los mismos.

#### *5.5.5.4 Descripción*

##### *5.5.5.4.1 Almacenamiento*

Según las necesidades se establecerán los puntos de almacenamiento que deben ser cubiertos, limpios y bien iluminados, donde se conserven adecuadamente los materiales y que ha de constar de:

- Cubeto de retención de posibles derrames.
- Separación entre sustancias incompatibles.

Las condiciones de almacenamiento deben cumplir:

- El almacenamiento de las materias primas peligrosas debe estar separado de los residuos.
- Todas las sustancias se han de almacenar de manera que puedan ser accesibles con facilidad, evitando lugares incómodos para no aumentar los riesgos en su manipulación y espaciándolas para facilitar su inspección.
- Se etiquetarán adecuadamente aquellos envases y contenedores que estuvieran incorrectamente etiquetados o sin etiqueta, indicando la clase de producto que contienen.
- No se abandonarán, verterán o realizarán depósitos incontrolados, de estas sustancias.
- El recinto de almacenamiento estará suficientemente ventilado.
- Si se cumple la fecha de caducidad de alguna sustancia, será considerada como residuo, aplicándole la normativa sobre la gestión de residuos peligrosos.
- Los botellones estarán apilados, agrupándolos de acuerdo a la sustancia que contengan y protegidos por una cadena o similar que evite su caída accidental.

#### 5.5.5.4.2 *Gestión de materias primas peligrosas*

Se ha establecido un inventario de sustancias peligrosas con el siguiente contenido:

- Denominación de la sustancia.
- Clasificación de la sustancia: en función de la legislación se indica la peligrosidad, por ejemplo: líquido corrosivo, producto petrolífero, gas comprimido a presión, etc.
- Ubicación: lugar donde se almacena.
- Almacenamiento: forma y capacidad del almacenamiento, por ejemplo: botellas de 50 Kg., tanques de 3000 litros, etc.
- Unidad responsable: se identifica el servicio o departamento responsable del almacenamiento.
- Medidas de seguridad de carácter ambiental: se indican las medidas de seguridad de las que dispone el almacenamiento.

Para la gestión de estas sustancias se tendrá en cuenta:

- Control sobre caducidad del producto.- La periodicidad de este control es coincidente con las inspecciones periódicas.
- Prevención de fugas y derrames.- El personal encargado de su manipulación, en las operaciones de carga, descarga y transferencia, evitará que se produzcan derrames y fugas.
- Atención a normas de seguridad.- Se tienen presentes las normas de seguridad establecidas así como las especificaciones del fabricante para el uso de estas sustancias, disponiendo de los elementos adecuados para su control o neutralización en caso de derrame accidental.
- Hojas de seguridad y análisis del producto.- Se requerirá del fabricante o proveedor, un análisis del producto (cuando corresponda) que podrá incluir los siguientes conceptos:
  - Condiciones de almacenamiento y conservación.
  - Dosis letal mínima.
  - Valores límites biológicos.
  - Índice de riesgo ambiental.

- Fecha de caducidad del producto.

#### 5.5.5.4.3 Inspección del almacén de materias primas peligrosas

El encargado del Almacén lleva a cabo al menos una inspección cada seis meses. Esta evaluación se fundamenta en la realización de diversas comprobaciones con el fin de detectar posibles desviaciones en la gestión de sustancias peligrosas.

En caso de descubrir incumplimientos o sugerencias de mejora, el responsable del almacén o la persona designada por él para realizar la verificación, deberá completar el "Registro de no conformidades/propuestas de mejora".

## 5.6 Medidas de Seguimiento y Control

Nos atendremos a lo estipulado en el R. D. 1955/2000, de 1 de diciembre y en concreto en el CAPÍTULO VI - Revisiones e inspecciones.

Artículo 163. Revisiones periódicas.

1. Las instalaciones de producción, transporte y distribución de energía eléctrica, a que se hace referencia en el artículo 111, deberán ser revisadas, al menos cada tres años, por técnicos titulados, libremente designados por el titular de la instalación.

Los profesionales que las revisen estarán obligados a cumplimentar los boletines, en los que habrán de consignar y certificar expresamente los datos de los reconocimientos. En ellos, además, se especificará el cumplimiento de las condiciones reglamentarias o, alternativamente, la propuesta de las medidas correctoras necesarias.

2. Los citados boletines se mantendrán en poder del titular de las instalaciones, quien deberá enviar copia a la Administración competente.

Artículo 164. Inspecciones.

1. Para las instalaciones cuya autorización corresponde a la Administración General del Estado, las inspecciones sobre las condiciones técnicas, así como sobre el cumplimiento de los requisitos establecidos en las autorizaciones, serán realizadas por la Comisión Nacional de Energía, mediante un procedimiento reglado, con la colaboración de los servicios técnicos de la Administración General del Estado o de las Comunidades Autónomas donde se ubiquen las mismas.

2. Si como consecuencia de las inspecciones realizadas se pusiera de manifiesto alguna irregularidad que precisase la intervención de las Administraciones Públicas, la Comisión Nacional de Energía, en su caso, o el órgano de la Administración competente de la

Comunidad Autónoma, lo pondrá en su conocimiento del titular de la instalación junto con la propuesta de resolución y los plazos para subsanar dicha irregularidad.

3. La Comisión Nacional de Energía acordará, en su caso, la iniciación de los expedientes sancionadores y realizar la instrucción de los mismos, cuando sean de la competencia de la Administración General del Estado, e informar, cuando sea requerida para ello, aquellos expedientes sancionadores iniciados por las distintas Administraciones públicas.

## **5.7 Decreto 178/2006 Protección Avifauna**

La finalidad de este anexo es hacer constar que el proyecto que nos ocupa, cumplirá con lo indicado en el DECRETO 178/2006, de 10 de octubre, por el que se establecen normas de protección de la avifauna para las instalaciones eléctricas de alta tensión, ya que se trata de una adecuación de una línea existente que requiere autorización administrativa.

### **5.7.1 Definiciones**

- a) Aislador: Elemento aislante que soporta los conductores de la línea eléctrica en los apoyos de la misma, impidiendo el flujo de energía desde los conductores hacia el apoyo, manteniendo éste sin tensión.
- b) Aislador suspendido: Aislador que cuelga de la cruceta con su eje en posición vertical y el conductor se encuentra en la parte inferior del mismo.
- c) Apoyo o poste: Estructura de metal, madera, hormigón, u otros, que soporta los conductores en un tendido eléctrico y que está formada por el fuste, el armado, los aisladores, los conductores y los hilos de tierra.
- d) Apoyo de alineación: El que sirve solamente para sostener los conductores y cables de tierra, debiéndose ser empleado únicamente en alineaciones rectas.
- e) Apoyo de anclaje: El que debe proporcionar puntos firmes esfuerzos longitudinales de carácter excepcional.
- f) Apoyo de ángulo: El que se utiliza para sostener los conductores y cables de tierra en los vértices de los ángulos que forman dos alineaciones.
- g) Apoyo de fin de línea: El que debe resistir en sentido longitudinal de la línea la sollicitación de todos los conductores y cables de tierra.
- h) Apoyo de derivación: Apoyo especial que sirve para derivar de una línea una o más líneas.
- i) Bóveda: Uno de los tipos posibles de disposición de la cruceta o armado en un

apoyo. En él se mantienen las puntas de la cruceta a menor altura que la parte central.

- j) Cable de tierra aéreo: Conductor puesto a tierra intencionalmente en uno o todos los apoyos de una línea aérea, que generalmente se encuentra instalado por encima de los conductores de una línea aérea.
- k) Conductor: Parte de un cable que tiene la función específica de conducir la corriente.
- l) Cruceta o armado: Soporte de un apoyo en que se fijan los aisladores.
- m) Instalaciones eléctricas aéreas de alta tensión: Se definen como tendidos eléctricos de corriente alterna trifásica a 50 Hz de frecuencia, cuya tensión nominal eficaz entre fases sea igual o superior a 1 KV.
- n) Puente: Unión de conductores que asegura la continuidad eléctrica de los mismos, con una resistencia mecánica reducida.
- o) Salvapájaros o señalizadores: Dispositivo externo que se fija a los cables para su visualización a distancia por las aves.
- p) Seccionador: Aparato mecánico de conexión que, por razones de seguridad, en posición abierta asegura una distancia de seccionamiento que satisface unas condiciones específicas de aislamiento.
- q) Transformador: Máquina que transforma un sistema de corrientes en alta tensión en otro en baja tensión.
- r) Tresbolillo: Uno de los tipos posibles de disposición del armado en un apoyo. En él, los aisladores se fijan alternativamente a uno y otro lado del apoyo.

2. Las definiciones anteriores o cualquier otra que sea necesaria para la aplicación de este Decreto se interpretarán de acuerdo con las definiciones propias de los reglamentos de seguridad aplicables a líneas aéreas y centros de transformación.

### 5.7.2 Medidas antielectrocución

La presente instalación eléctrica cumplirá las siguientes medidas antielectrocución:

- a) Se habrán de construir con cadenas de aisladores suspendidos, evitándose la disposición horizontal de los mismos, excepto los apoyos de ángulo, anclaje y fin de línea.
- b) Los apoyos con puentes, seccionadores, fusibles, transformadores, de derivación,



anclaje, fin de línea, se diseñarán de forma que no se sobrepase con elementos en tensión las crucetas no auxiliares de los apoyos. En su defecto se procederá al aislamiento de los puentes de unión entre los elementos en tensión mediante dispositivos de probada eficacia.

- c) La unión entre los apoyos y los transformadores o seccionadores situados en tierra, que se encuentren dentro de casetillas de obra o valladas, se hará con cable seco o trenzado.
- d) Los apoyos de alineación cumplirán las siguientes distancias mínimas accesibles de seguridad: entre la zona de posada y elementos en tensión la distancia de seguridad será de 0,75 m, y entre conductores de 1,5 m. Esta distancia de seguridad podrá conseguirse aumentando la separación entre los elementos, o bien mediante el aislamiento efectivo y permanente de las zonas de tensión.
- e) En el caso de armado tresbolillo, la distancia entre la cruceta inferior y el conductor superior del mismo lado o del correspondiente puente flojo no será inferior a 1,5 metros, a menos que el conductor o el puente flojo esté aislado.
- f) Para crucetas o armados tipo bóveda, la distancia entre la cabeza del poste y el conductor central no será inferior a 0,88 metros, a menos que se aisle el conductor central 1 metro a cada lado del punto de enganche.
- g) Los apoyos de anclaje, ángulo, derivación, fin de línea y, en general, aquellos con cadena de aisladores horizontal, deberán tener una distancia mínima accesible de seguridad entre la zona de posada y los elementos en tensión de 1 metro. Esta distancia de seguridad podrá conseguirse aumentando la separación entre los elementos, o bien mediante el aislamiento de las zonas de tensión.
- h) Se instalarán preferentemente apoyos tipo tresbolillo frente a cualquier otro tipo de poste en líneas aéreas con conductor desnudo para tensiones nominales iguales o inferiores a 36 KV.

#### *5.7.2.1 Medidas adoptadas*

Para establecer la distancia mínima en los apoyos con aisladores verticales desde el punto de posada hasta elementos con tensión a una altura de 0.75 metros, se emplea la solución de añadir una extensión de 0.30 metros a los aisladores existentes. Esta extensión se suma a la longitud de la cadena de aisladores de 0.50 metros, resultando en una distancia total de 0.80 metros entre el punto de posada y el conductor.

En el caso de los apoyos con aisladores horizontales, para lograr una distancia mínima

desde la zona de posada (cruceta) hasta los elementos con tensión (conductores) a una altura de 1 metro, se opta por agregar una extensión de 0.60 metros a la cadena de aisladores existente. Esta extensión se suma a la longitud de la cadena de aisladores de 0.50 metros, obteniendo una distancia total de 1.10 metros entre el punto de posada y el conductor.

Además, se añade una cadena vertical, con las mismas características descritas anteriormente, en los tipos de apoyos de amarre y apoyos con ángulo. Esta cadena vertical sostiene el puente de empalme entre los tramos del conductor amarrados al apoyo por las cadenas horizontales. Esta disposición garantiza una distancia mínima de 1.5 metros entre el conductor superior y la zona de posada de la cruceta inferior del mismo lado. Sumado a los 0.75 metros de la cadena vertical, se alcanza una distancia total de 2.25 metros. Por esta razón, se ha establecido una separación mínima de 2.40 metros entre las crucetas en el mismo lado de los apoyos.

### 5.7.3 Medidas anticolidión

1. La instalación estará dotada de salvapájaros o señalizadores visuales en los cables de tierra aéreos o en los conductores, si aquellos no existen. En ausencia de cable de tierra aéreo se colocarán los salvapájaros en uno de los cables superiores.

2. Los salvapájaros o señalizadores consistirán en espirales, tiras formando aspas u otros sistemas de probada eficacia y mínimo impacto visual realizados con materiales opacos que estarán dispuestos cada 5 metros, cuando el cable de tierra sea único, o alternadamente cada 10 metros cuando sean dos los cables de tierra paralelos, o en su caso, en los conductores.
3. Se podrá prescindir de la colocación de salvapájaros en los cables de tierra cuando lleven adosado un cable de fibra óptica o similar, siempre que su sección no sea inferior a 20 mm.

En la instalación que nos ocupa, procederá cumplimentar el Art. “ ”, anterior, al ser el mismo el que nos afecta por las características técnicas y ubicación de la misma.

#### 5.7.3.1 Medidas adoptadas

No se requieren, ya que el trazado de la línea no afecta a ninguna zona de protección especial para las aves.

En este caso, se requieren medidas de protección debido a que el trazado de la línea atraviesa un área de conservación de rapaces, como se describió previamente. Para abordar esta situación, se implementarán medidas anticolidión en los vanos afectados. Estas medidas consistirán en balizas de señalización compuestas por dos tiras en forma de aspa, que se demostró que son efectivas. Estas balizas se colocarán en el conductor superior, dado que estas líneas carecen de hilo de tierra. Se distribuirán a partir del centro del vano hacia ambos lados, con una distancia equidistante de 5 metros en el caso de tendidos de un solo circuito, y

alternadamente cada 10 metros en los dos conductores superiores en el caso de tendidos de doble circuito.

## **5.8 Conclusión al Análisis**

Considerando suficiente lo expuesto, esperamos que este ANEXO de ANÁLISIS AMBIENTAL, al proyecto de “Línea eléctrica de media tensión y centro de transformación para suministro al Castillo Torre Benzalá en Torredonjimeno”, merezca la aprobación de la Administración, concediendo la correspondiente autorización administrativa.

## **5.9 Medidas Adoptadas**

### *5.9.1 Medidas antielectrocución*

Para garantizar la distancia mínima en apoyos con aisladores verticales respecto a elementos con tensión de 0.75 metros, se optará por incorporar una solución que involucra agregar una extensión de 0.30 metros a los aisladores. Esto, combinado con la longitud de la cadena de aisladores, que es de 0.50 metros, resultará en una distancia total de 0.80 metros entre el punto de posada y el conductor.

En cuanto a la obtención de la distancia mínima en apoyos con aisladores horizontales desde la zona de posada (cruceta) hacia elementos con tensión (conductor) de 1 metro, se adoptará la alternativa de añadir una alargadera de 0.60 metros a la cadena de aisladores. Esta adición, junto con la longitud estándar de la cadena de aisladores de 0.50 metros, llevará a una distancia total de 1.10 metros entre el punto de posada y el conductor.

Adicionalmente, para los apoyos de amarre y apoyos de ángulo, se introducirá una cadena vertical de las mismas características mencionadas anteriormente. Esta cadena vertical actuará como soporte para el puente de empalme entre los tramos del conductor asegurados a dicho apoyo mediante las cadenas horizontales. Este enfoque asegurará la distancia mínima requerida de 1.5 metros entre el conductor superior y la zona de posada de la cruceta inferior del mismo lado. Sumado a los 0.75 metros de la cadena vertical, el resultado será una distancia total de 2.25 metros. Debido a esta distancia, se ha adoptado una separación mínima de 2.40 metros entre las crucetas en el mismo lado de los apoyos.

Cabe destacar que esta estrategia de agregar una cadena vertical como soporte para el puente de empalme solo se implementará en la cruceta superior para montajes en simple circuito. En los montajes en doble circuito, esta medida se aplicará tanto en las crucetas superiores como en las medias.

### 5.9.2 *Anticolisión*

No se precisan, al no afectar el trazado de la línea a ninguna zona de especial protección para las aves.

# **6 ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

## **6.1 Objeto**

El propósito de este documento es cumplir con lo estipulado por el Real Decreto 1.627/1.997, de 24 de octubre, que establece los requisitos mínimos de seguridad y salud en las obras de construcción.

Debido a las particularidades de la obra en cuestión, se requiere la preparación de este Estudio Básico de Seguridad para la ejecución de trabajos de alta y baja tensión, de acuerdo con las directrices del RD 1.627/1.997, ya que la ejecución de los trabajos no se ajusta a ninguno de los cuatro escenarios contemplados en el artículo 4.1 de dicho Real Decreto.

## **6.2 Ámbito de Aplicación**

El alcance de aplicación de este Estudio Básico de Seguridad y Salud se limita únicamente a la obra detallada en este proyecto en particular.

## **6.3 Normas de Seguridad y Salud Aplicables a la Obra**

### **6.3.1 Plan de seguridad y salud en el trabajo**

- El contratista será responsable de desarrollar un plan de seguridad y salud en el trabajo, el cual analizará, estudiará y ampliará las disposiciones establecidas en este estudio básico, considerando su propio sistema de ejecución de la obra. Este plan deberá abarcar, si corresponde, las sugerencias de medidas preventivas alternativas propuestas por el contratista, respaldadas por una justificación técnica. Sin embargo, estas propuestas no podrán comprometer la reducción de los niveles de protección establecidos en este estudio básico.
- El plan de seguridad y salud en el trabajo resulta de la evaluación de riesgos y de la planificación subsiguiente de las medidas preventivas relacionadas con los distintos puestos de trabajo en el lugar de construcción. Antes del comienzo de la obra, el plan de seguridad y salud deberá recibir la aprobación del Director facultativo correspondiente, quien, si es necesario, actuará como coordinador en temas de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.
- El plan de seguridad y salud podrá sufrir modificaciones por parte del contratista, dependiendo del avance del proceso de construcción, la evolución de las labores y cualquier eventualidad o cambios que surjan durante el desarrollo de la obra. Sin embargo, cualquier modificación deberá contar con la aprobación explícita del Director facultativo a cargo. Aquellos involucrados en la ejecución de la obra, así como los individuos u organismos encargados de la prevención en las empresas participantes y los representantes de los trabajadores, tendrán la oportunidad de

presentar sugerencias y alternativas por escrito y con justificación. A este respecto, el plan de seguridad y salud estará disponible en la obra de manera permanente para consulta.

### 6.3.2 *Obligaciones de los contratistas y subcontratistas*

- Los contratistas y subcontratistas tendrán la obligación de:

a) Aplicar los principios de la acción preventiva, tal como se establecen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales. Esto es especialmente relevante cuando se llevan a cabo las tareas o actividades relacionadas con la implementación de los principios generales aplicables durante la ejecución de la obra, tal como se describen en el Artículo 10 del Real Decreto 1.627/1.997.

b) Cumplir con lo dispuesto en el plan de seguridad y salud, y que también garanticen que su personal respete y cumpla con las medidas establecidas en dicho plan.

c) Cumplir con la normativa referente a la prevención de riesgos laborales. Esto incluye observar las obligaciones relacionadas con la coordinación de actividades empresariales, según lo estipulado en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales. Además, durante la ejecución de la obra, es necesario cumplir con las disposiciones mínimas establecidas en el anexo IV del Real Decreto 1.627/1.997.

d) Proporcionar información completa y brindar instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos con respecto a todas las medidas que se deben implementar para garantizar su seguridad y salud en el lugar de la obra.

e) Seguir las indicaciones y acatar las instrucciones del coordinador en seguridad y salud durante la realización de la obra, o en su ausencia, las instrucciones de la dirección facultativa.

• Los contratistas y subcontratistas tienen la responsabilidad de garantizar la correcta implementación de las medidas preventivas establecidas en el plan de seguridad y salud, tanto en lo que respecta a sus propias obligaciones como a las de los trabajadores autónomos que hayan contratado.

Además, estos contratistas y subcontratistas serán solidariamente responsables de las consecuencias resultantes del incumplimiento de las medidas estipuladas en el plan, de acuerdo con lo establecido en el apartado 2 del artículo 42 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

• Las posibles responsabilidades que recaigan sobre la Empresa Eléctrica no eximirán a la Dirección facultativa de la obra, ni a los contratistas ni a los subcontratistas de sus propias

responsabilidades.

### 6.3.3 *Obligaciones de los trabajadores autónomos*

Los trabajadores autónomos tendrán la obligación de:

a) Aplicar los principios de acción preventiva del artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, especialmente al llevar a cabo tareas o actividades que involucren la implementación de los principios generales durante la ejecución de la obra.

b) Cumplir las disposiciones mínimas de seguridad estipuladas por el Real Decreto 1.627/1.997 y aquellas definidas en este estudio básico de seguridad.

c) Cumplir las responsabilidades en materia de prevención de riesgos, de acuerdo con el artículo 29, apartados 1 y 2, de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

d) Ajustar su actuación en la obra según las obligaciones de coordinación de actividades empresariales definidas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando particularmente en cualquier medida de acción coordinada que se haya establecido.

e) Utilizar equipos de trabajo conforme a lo dispuesto en el Real Decreto 1.215/1.997, del 8 de julio, que establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de equipos de trabajo por los trabajadores.

f) Seleccionar y utilizar equipos de protección individual según lo establecido en el Real Decreto 773/1.997, del 30 de mayo, que aborda las disposiciones mínimas de seguridad y salud en relación al uso de equipos de protección individual por parte de los trabajadores.

g) Seguir las indicaciones y acatar las instrucciones del coordinador en seguridad y salud durante la ejecución de la obra, o en ausencia de este, de la dirección facultativa.

Además, los trabajadores autónomos deben cumplir con lo establecido en el plan de seguridad y salud.

### 6.3.4 *Obligaciones del director facultativo de la obra (que además actuará como coordinador en materia de Seguridad y de Salud durante la ejecución de la obra, en caso de que esta figura sea necesaria)*

- La dirección facultativa asumirá diversas responsabilidades en materia de prevención y seguridad, que incluyen:
- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad en la toma de decisiones técnicas y de organización para planificar trabajos en la obra, tanto simultáneos como sucesivos, y estimar la duración requerida para su ejecución.



- Asegurar la coherencia y responsabilidad en la aplicación de los principios de acción preventiva, según el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, por parte de contratistas y trabajadores autónomos durante la ejecución de la obra.
- Dar su aprobación al plan de seguridad y salud elaborado por el contratista, así como a las eventuales modificaciones realizadas en el mismo.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales de acuerdo con lo establecido en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control para asegurar la correcta aplicación de los métodos de trabajo.
- Implementar medidas que garanticen que únicamente personas autorizadas puedan acceder a la obra. En los casos en que no sea necesaria la designación de un coordinador, esta función será asumida por la dirección facultativa.

#### 6.3.5 *Libro de incidencias*

• Con el propósito de supervisar y seguir el plan de seguridad y salud, se dispondrá en la oficina de obra de un libro de incidencias. Este libro constará de hojas duplicadas y estará habilitado para este fin. El suministro de este libro será proporcionado por el Colegio Profesional del colegiado que firma este estudio básico de seguridad y salud.

• El libro de incidencias permanecerá siempre en la obra y estará bajo la custodia de la Dirección facultativa de la obra, o en su defecto, del coordinador en seguridad y salud durante la ejecución de la obra. El acceso al libro de incidencias será otorgado a:

- El Técnico de Eléctrica responsable de la obra.
  - Los contratistas.
  - Los subcontratistas.
  - Los trabajadores autónomos.
  - Las personas u órganos con responsabilidad en materia de prevención en las empresas que intervienen en la obra.
  - Los representantes de los trabajadores.
  - Los técnicos de los órganos especializados en materia de seguridad y salud en el trabajo de las Administraciones públicas competentes.
- Después de registrar un incidente en el libro de incidencias, el coordinador en seguridad

y salud durante la ejecución de la obra, o en casos donde no se requiera un coordinador, la Dirección facultativa, tendrá la responsabilidad de enviar una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia donde se está llevando a cabo la obra, en un plazo de veinticuatro horas. Asimismo, deberán informar de las anotaciones en el libro al contratista afectado y a los representantes de los trabajadores de dicho contratista.

#### *6.3.6 Paralización de los trabajos*

- De acuerdo con lo dispuesto en los apartados 2 y 3 del artículo 21, así como en el artículo 44 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, cuando la Dirección facultativa de la obra o, si aplica, el coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, detecten incumplimientos de las medidas de seguridad y salud, deberán advertir al contratista sobre dichos incumplimientos. Estos incumplimientos deberán ser registrados en el libro de incidencias. Además, en situaciones en que exista un riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, la dirección facultativa o el coordinador tienen la facultad de ordenar la suspensión de los trabajos o, en su defecto, de toda la obra.

- En el caso mencionado en el párrafo anterior, la persona que haya dispuesto la suspensión debe informar adecuadamente a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social correspondiente, así como a los contratistas y, si aplica, a los subcontratistas afectados por la suspensión. También deben notificar a los representantes de los trabajadores de estos contratistas y subcontratistas.

#### *6.3.7 Otras normativas de seguridad y salud aplicables a la obra*

- Normas específicas de la construcción:
  - ORDEN de 28 de agosto de 1970, por la que se aprueba la Ordenanza de trabajo de construcción, vidrio y cerámica (BOE 17/10/70)
  - ORDEN de 9 de marzo de 1971, por el que se aprueba la Ordenanza general de seguridad e higiene en el Trabajo (TÍTULO II)
  - Prescripciones de seguridad e higiene en el trabajo, recogidas dentro de las Normas Tecnológicas de la Edificación NTE como consecuencia del Artículo 1 de la LPRL.
- Normas Generales:
  - Estatuto de los Trabajadores (RDL 1/1.995)
  - Ley General de la Seguridad Social (RDL 1/1994)
  - Ley 31/1.995, de Prevención de Riesgos Laborales

- RD 39/1.997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
  - RD 1407/1.992, de 20 de noviembre, por el que se regula las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.
  - RD 485/1.997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
  - RD 486/1.997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
  - RD 487/1.997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañen riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores.
  - RD 664/1.997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud, relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
  - RD 1215/1.997, de 18 de julio, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo
  - Normas y Reglamentos de las empresas de distribución de energía eléctrica
  - Reglamento Electrotécnico de baja tensión.
  - Reglamento de líneas eléctricas aéreas de alta tensión REAL DECRETO 223/2008 de 15 de Febrero.
  - Reglamento de condiciones técnicas y garantías de seguridad en CENTRALES ELÉCTRICAS, SUBESTACIONES y CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.
  - Normas del Grupo ENDESA y, en su defecto, Normas de Sevillana I que no hayan sido derogadas por las del Grupo ENDESA.
  - Prescripciones de Seguridad para Trabajos y Maniobras en Instalaciones eléctricas, de AMYS-UNESA.
  - Prescripciones de Seguridad para Trabajos mecánicos y diversos, de AMYS-UNESA.
  - Guía de referencia para la identificación y evaluación de riesgos en la industria eléctrica AMYS-UNESA.
- Principios generales aplicables durante la ejecución de la obra.

De acuerdo con la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, los principios de la acción preventiva estipulados en su artículo 15 serán aplicados durante la ejecución de la obra, especialmente en las siguientes tareas o actividades:

- a) Mantenimiento del sitio de la obra en condiciones de orden y limpieza adecuadas.
  - b) Selección del emplazamiento para puestos y áreas de trabajo considerando el acceso y establecimiento de vías o zonas de desplazamiento.
  - c) Manipulación de diversos materiales y uso de herramientas auxiliares.
  - d) Mantenimiento, control previo al servicio y verificación periódica de instalaciones y dispositivos relacionados con la obra, para corregir defectos que puedan afectar la seguridad y salud de los trabajadores.
  - e) Demarcación y preparación de áreas de almacenamiento para diferentes materiales, especialmente aquellos peligrosos.
  - f) Gestión de materiales peligrosos utilizados.
  - g) Almacenamiento y eliminación o evacuación de escombros y residuos.
  - h) Coordinación y compatibilidad con otros trabajos o actividades en el lugar de la obra o sus cercanías.
- Provisión de servicios médicos preventivos y primeros auxilios.
  - Las empresas contratistas deberán tener un botiquín adecuadamente equipado en la obra, con suministros médicos básicos listos para su uso por el personal.
  - El personal de obra deberá estar informado sobre la ubicación de Centros Médicos, Ambulatorios y Mutualidades Laborales para el tratamiento efectivo y rápido de accidentados.

## **6.4 Riesgos de la Obra**

### **6.4.1 Identificación de riesgos laborales en la obra**

El contratista será responsable de elaborar un plan de seguridad y salud en el trabajo que aborde, analice, estudie y, en caso necesario, complemente al menos los riesgos que se detallan a continuación:

1. Caídas de personas al mismo nivel.
2. Caídas de personas a distinto nivel.

3. Caídas de objetos.
4. Desprendimientos, desplomes y derrumbes.
5. Choques y golpes.
6. Atrapamientos.
7. Cortes.
8. Proyecciones (partículas sólidas y líquidas).
9. Contactos térmicos y arco eléctrico.
10. Sobre esfuerzos.
11. Ruido.
12. Vibraciones.
13. Radiaciones no ionizantes.
14. Ventilación.
15. Iluminación.
16. Carga Física.
17. Vehículos, maquinaria automotriz, tráfico.

#### *6.4.2 Propuesta de medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir los riesgos laborales en la obra*

Con el propósito de controlar y mitigar los riesgos mencionados en la sección anterior, se establecen las siguientes medidas preventivas y protecciones técnicas de uso obligatorio para la ejecución de los trabajos:

##### *6.4.2.1 Protecciones personales*

###### *6.4.2.1.1 Protecciones de la cabeza*

Cascos de seguridad aislantes con barboquejo serán obligatorios para todas las personas involucradas en la obra, incluyendo visitantes. Estos cascos estarán marcados con las siglas C.E. para indicar la función a la que están destinados y su capacidad de aislamiento eléctrico.

- En áreas con niveles elevados de ruido, se deberán utilizar protecciones auditivas.
- Para trabajos que involucren soldadura eléctrica o exposición a arco eléctrico, será

obligatorio utilizar una pantalla de protección.

- Se requerirá el uso de gafas de protección en trabajos que impliquen la proyección de partículas, como en operaciones con cortadoras de disco u otras herramientas similares.

#### *6.4.2.1.2 Protecciones del cuerpo*

Cinturones de seguridad serán de uso obligatorio en trabajos con riesgo de caída desde una altura superior a 3 metros.

Se requerirá el uso de ropa de trabajo adecuada a las tareas que se realizarán.

#### *6.4.2.1.3 Protecciones de las extremidades superiores*

- Se requerirá el uso de guantes de cuero y anticorte para manipular materiales y objetos.
- Para trabajos en tensión, será obligatorio utilizar guantes dieléctricos que estén homologados. Cada guante deberá llevar en un lugar visible un símbolo con doble triángulo, así como información sobre el fabricante, categoría, clase, mes y año de fabricación.
- Las herramientas manuales utilizadas en trabajos de baja tensión deberán estar homologadas y cumplir con la norma UNE-EN 60900 para herramientas manuales destinadas a trabajos eléctricos en baja tensión.

#### *6.4.2.1.4 Protecciones de las extremidades inferiores*

Se establece la obligación de utilizar botas de seguridad de categoría II que estén homologadas para los trabajos en la obra.

#### *6.4.2.2 Protecciones colectivas*

Se deben considerar las interferencias con otros grupos de trabajo, especialmente en relación a:

- Maniobras con aparatos eléctricos de baja tensión (BT) o alta tensión (AT), medidores de tensión, equipos de puesta a tierra, etc., necesarios para ejecutar los trabajos con el más alto nivel de seguridad.
- Para realizar estos tipos de trabajos, es de obligación coordinarse con el responsable técnico de dichos trabajos. Este responsable será la única persona con autoridad para otorgar permisos para cualquier tipo de maniobra que se lleve a cabo. Será de uso obligatorio utilizar elementos de señalización para indicar la zona donde se están realizando este tipo de trabajos.
- En el caso de abrir zanjas o socavones, será necesario balizar y señalizar

adecuadamente estas áreas para prevenir riesgos y advertir a otros trabajadores sobre la actividad en curso.

#### 6.4.2.3 *Trabajo en andamios*

En el caso de trabajos realizados en andamios, se deberán tener en cuenta las siguientes normas:

- La plataforma de trabajo en los andamios tendrá un ancho mínimo de 60 cm y estará construida con tablas de al menos 5 cm de grosor.
- En los andamios cuya plataforma de trabajo esté a una altura superior a 2 metros o exista riesgo de caída desde alturas superiores, se deben instalar barandillas metálicas de al menos 90 cm de altura alrededor del perímetro de la plataforma. Además, se instalará un rodapié de al menos 15 cm en la vertical del extremo de la plataforma. Los operarios deben sujetarse a un punto fijo en el andamio mediante un cinturón de seguridad.
- La plataforma de trabajo en los andamios, ya sean de madera o metálicos, debe estar firmemente fijada al resto de la estructura del andamio.
- Todos los andamios deben descansar sobre un suelo sólido y resistente. Queda estrictamente prohibido utilizar cualquier elemento que no sea un pie de andamio regulable para nivelar el andamio.

#### 6.4.2.4 *Trabajos con escalera de mano*

- Se debe verificar que la escalera esté en buen estado antes de usarla y retirarla si presenta daños.
- Queda estrictamente prohibido unir dos escaleras a menos que cuenten con elementos especiales para ese fin.
- Si se requiere el uso de escaleras cerca de instalaciones en tensión, nunca se deben usar escaleras metálicas. El manejo de la escalera estará bajo la supervisión directa del jefe de trabajo. Se debe delimitar la zona de trabajo y se debe indicar la prohibición de mover la escalera.
- No se debe cargar una escalera con más de 25 kg si no está reforzada para ello.
- Las escaleras de mano se deben apoyar en los largueros, nunca en los peldaños. El pie de la escalera debe quedar alejado de la vertical del punto superior de apoyo, a una distancia equivalente a la cuarta parte de la altura total.

- Las escaleras usadas para acceder a niveles elevados deben ser lo suficientemente largas para sobrepasar en al menos 1 metro el punto de apoyo superior. Se deben sujetar en la parte superior para prevenir el balanceo. El ascenso y descenso deben hacerse de frente a la escalera.
- No se deben utilizar las escaleras de mano como pasarelas. El ascenso, el trabajo y el descenso se deben realizar con las manos libres, de frente a la escalera, agarrándose de los peldaños o largueros.
- Cuando no se estén usando, las escaleras deben almacenarse protegidas del sol y la lluvia. No deben dejarse tumbadas en el suelo. Se permite barnizarlas, pero no pintarlas.

#### 6.4.2.5 *Trabajos en alturas*

- S En todos los trabajos que presenten peligro de caída de más de 3 metros se deben utilizar cinturones de seguridad. Para trabajos que requieran desplazamientos con posibilidad de caída libre, se deben usar arneses de seguridad. .
- Los cinturones de seguridad deben sujetarse a puntos fijos y resistentes, como cuerdas ancladas a techos, horquillas metálicas u otros elementos estructurales de la construcción.
- Está estrictamente prohibido sujetar el cinturón de seguridad en máquinas o andamios.
- E l cinturón debe estar siempre ajustado a la cintura del usuario y sujetado en puntos que estén preferentemente por encima del nivel de la cintura.
- Los cinturones y arneses deben mantenerse en condiciones de limpieza y almacenamiento adecuadas. Se deben descartar aquellos que presenten deformaciones, roturas, pérdida de flexibilidad u otros signos de daño.

#### 6.4.2.6 *Herramientas eléctricas y lámparas portátiles*

- Las herramientas eléctricas son consideradas equipos de alto riesgo debido a la estrecha proximidad entre el operario y la máquina, especialmente en obras donde los trabajos se realizan en emplazamientos conductores.
- La tensión de alimentación de las herramientas eléctricas portátiles accionadas manualmente no debe superar los 250 V en relación a tierra. Estas herramientas deben ser de clase II o contar con doble aislamiento.
- Si se van a usar estas herramientas en lugares húmedos o en zonas conductoras, deben



ser alimentadas a través de transformadores de separación de circuitos.

- Cualquier herramienta empleada debe cumplir con las regulaciones de seguridad establecidas en el Real Decreto 1215/1997, que rige la utilización de equipos de trabajo por parte de los trabajadores.

#### 6.4.2.7 *Trabajos con cortadora de discos*

- Al utilizar estas máquinas, es necesario asegurarse de que la protección del disco esté correctamente instalada, cubriendo al menos 1 cm de su parte superior.

- Queda absolutamente prohibido utilizar la cortadora radial sin su protección o con discos que no estén diseñados específicamente para esa máquina.

- Siempre se debe usar gafas de protección mientras se trabaja con la cortadora de discos. Esto es importante para prevenir posibles impactos en los ojos debido a las partículas que puedan desprenderse durante el corte.

#### 6.4.2.8 *Equipos de soldadura*

- Se prohíben todas las operaciones de corte o soldadura en áreas cercanas a materiales combustibles almacenados, así como en la proximidad de sustancias que puedan generar vapores o gases inflamables y explosivos, a menos que se tomen precauciones especiales.

- En todos los trabajos de soldadura se deben utilizar guantes y gafas protectoras como medida estándar de seguridad.

- Los motores generadores, rectificadores y transformadores de las máquinas de soldadura, así como todas las partes conductoras, deben estar protegidas para prevenir contactos accidentales con partes en tensión. Los armazones deben estar conectados a tierra.

- Los cables conectores deben estar aislados en el lado de abastecimiento. La superficie exterior de los mangos y pinzas debe estar completamente aislada y provista de discos o pantallas para proteger las manos del calor generado por los arcos. Si no se cumplen estas condiciones, se deben utilizar guantes protectores.

#### 6.4.2.9 *Lámparas eléctricas portátiles*

Estas lámparas deben:

- Cumplir con las normas UNE 20-417 y UNE 20-419.
- Estar equipadas con una reja de protección para prevenir choques eléctricos.
- Tener una tulipa estanca que garantice la protección contra proyecciones de agua.

- Ser de clase II, lo que significa que tienen doble aislamiento para mayor seguridad.
- La tensión de utilización no debe exceder los 250 V.
- En lugares mojados o superficies conductoras, la tensión máxima debe ser de 245 V, excepto que sean alimentadas a través de transformadores de separación de circuitos.

#### *6.4.2.10 Trabajos con máquina automotriz*

El uso de maquinaria automotriz como retroexcavadoras, camiones hormigonera o camiones grúa debe ser realizado únicamente por personal capacitado y cualificado. Estos trabajos se llevarán a cabo bajo la supervisión del jefe de trabajos, prestando especial atención a las distancias de seguridad con respecto a zanjas, taludes, líneas y otros elementos relevantes. Además, se debe asegurar que no haya personal en las cercanías de la maquinaria mientras esté en funcionamiento.

#### *6.4.2.11 Trabajos con martillo neumático*

- Queda prohibido el uso de este tipo de maquinaria por personal no autorizado.
- Se deben utilizar los Equipos de Protección Individual (EPIs) necesarios para reducir los riesgos asociados a las vibraciones, proyecciones, polvo, ruido, etc., generados por su uso.
- No se debe dejar nunca el martillo conectado al circuito de presión ni con la barrena hincada.
- Los equipos compresores utilizados deben contar con un expediente de control de calidad, además de dispositivos de seguridad y válvulas taradas. También se deben realizar revisiones de seguridad periódicas para garantizar su correcto funcionamiento.

#### *6.4.2.12 Trabajos en la proximidad de instalaciones eléctricas de alta tensión en tensión*

En las cercanías de instalaciones eléctricas de alta tensión bajo tensión, así como en el interior de celdas también bajo tensión, se requiere que los trabajos sean realizados por parejas de operarios. Esta medida tiene como objetivo garantizar una mayor vigilancia y una respuesta más rápida en caso de accidente. Además, es imprescindible cumplir con la normativa operativa proporcionada por la Compañía Eléctrica en relación a estas labores. Esta disposición busca salvaguardar la seguridad de los trabajadores y prevenir riesgos en entornos con alta tensión eléctrica.

#### *6.4.2.13 Trabajos con maniobras en aparatos de baja tensión*

- NSe requerirá el permiso del responsable de los trabajos antes de llevar a cabo cualquier maniobra.
- No se permitirá trabajar con elementos en tensión sin la debida protección personal, que incluye el uso de botas y guantes dieléctricos, así como pantallas protectoras. Además, se deberán emplear mantas aislantes, banquetas, pértigas u otros dispositivos similares.
- Cuando se realicen trabajos sin tensión, se aislarán las partes donde se estén realizando los trabajos mediante aparatos de seccionamiento para evitar cualquier posible alimentación eléctrica. Solo se permitirá la comprobación de la ausencia de tensión utilizando verificadores de tensión. No se restablecerá el suministro eléctrico hasta que los trabajos se hayan completado y se haya verificado la ausencia de peligro.
- En el caso de tendidos de cables provisionales, se debe tener en cuenta que no representen un riesgo de caídas o electrocuciones para terceros. Para lograr esto, las partes en tensión deben estar adecuadamente protegidas y señalizadas.

#### *6.4.2.14 Trabajos con maniobras en equipos de alta tensión*

- Cualquier maniobra que involucre equipos de alta tensión debe llevarse a cabo con el permiso expreso del responsable de los trabajos. El inicio y la finalización de las tareas deben ser debidamente comunicados al encargado.
- Es fundamental que todos los trabajos en instalaciones eléctricas se realicen siempre sin tensión, a menos que se trate de técnicas específicas de trabajo en tensión que no se abordan en detalle en este documento.
- Se prohíbe realizar trabajos en las instalaciones de alta tensión, sin adoptar las llamadas 5 reglas de oro:
  - **Dejar abiertas todas las fuentes de tensión:** Se debe garantizar que todas las fuentes de corriente eléctrica estén abiertas y bloqueadas de manera segura, utilizando dispositivos de aparamenta que eviten un cierre accidental..
  - **Enclavar o bloquear y señalizar la aparamenta abierta.** Además, es crucial colocar señales visibles que indiquen claramente que la aparamenta está fuera de servicio.
  - **Comprobar la ausencia de tensión:** Antes de iniciar cualquier trabajo, se debe utilizar equipos adecuados para verificar que no haya corriente eléctrica presente en las instalaciones.

- **Poner a tierra y en cortocircuito las fuentes de tensión:** Todas las posibles fuentes de corriente eléctrica deben ser puestas a tierra y en cortocircuito de manera segura para neutralizar cualquier potencial de corriente eléctrica.
  - **Colocar señales de seguridad y delimitar la zona de trabajo:** Es fundamental colocar señales de seguridad claramente visibles que adviertan a otros sobre la actividad en curso. Además, se debe delimitar físicamente la zona de trabajo para evitar el acceso no autorizado.
- Cuando se trabaje en celdas de protección, está terminantemente prohibido abrir o retirar los resguardos de protección de las celdas antes de asegurarse de que los conductores y aparatos contenidos en ellas estén sin tensión. También está prohibido aplicar tensión a los conductores y aparatos en una celda sin haber cerrado previamente el resguardo de protección..
  - En cualquier caso, para cualquier trabajo a realizar en la obra las contratas atenderán a lo dispuesto por el Real Decreto 1.627/1.997, de 24 de Octubre, en su Anexo IV Parte B (Disposiciones mínimas específicas relativas a los puestos de trabajo en las obras en el interior de los locales), y Parte C (Disposiciones mínimas específicas relativas a los puestos de trabajo en las obras en el exterior de los locales).

#### *6.4.2.15 Trabajos con grúas móviles autopropulsadas*

- La operación de grúas móviles autopropulsadas debe ser realizada únicamente por personal cualificado. Estos operadores deben estar capacitados y tener los conocimientos necesarios, lo que se verifica a través del correspondiente carné de operador de grúa móvil autopropulsada.
- Se deben tener en cuenta tanto los riesgos asociados al movimiento de cargas como a la estabilidad de la propia grúa. Además, se debe tener en cuenta el riesgo eléctrico al trabajar cerca de líneas aéreas eléctricas.
- Durante las maniobras se prohíbe permanecer bajo la carga a toda persona. Las maniobras de la grúa solo deben llevarse a cabo si el terreno ofrece suficiente estabilidad y no se llevarán a cabo trabajos en proximidad de líneas aéreas sin cumplir las distancias de seguridad correspondientes (esto incluye la distancia entre la línea eléctrica y la pluma de la grúa, los cables, la carga o cualquier parte de la grúa).

#### *6.4.2.16 Trabajos en recintos confinados subterráneos o con escasez de ventilación*

En situaciones en las que sea necesario acceder a espacios donde la atmósfera podría carecer de oxígeno en cantidades adecuadas o contener sustancias tóxicas o perjudiciales, es esencial implementar las acciones requeridas para asegurar la protección integral de los trabajadores.

Dado el caso en el que sea necesario entrar a espacios confinados, es imperativo contar con una supervisión constante desde el exterior que pueda alertar en caso de necesidad. Cuando se detecte la posibilidad de una atmósfera tóxica o perjudicial, es obligatorio emplear equipos de oxígeno, mascarillas, u otros elementos pertinentes, considerando tanto la carga física como el método de trabajo a llevar a cabo.

#### *6.4.2.17 Trabajos de apertura de zanjas*

En labores de excavación de zanjas, se prestará una atención constante a las condiciones del suelo, tomando la precaución de instalar un sistema de entibado cuando la profundidad exceda 1,5 metros o cuando las propiedades del terreno así lo indiquen.

Se llevará a cabo un análisis exhaustivo de las diversas canalizaciones presentes en la zona, y se procederá a una adecuada señalización de toda el área de trabajo, ya sea mediante cintas o barandillas con una altura mínima de 1 metro. Esto se realizará especialmente si se prevé la circulación de personas o la proximidad de vehículos en las cercanías.

Se podrán emplear tanto equipos mecánicos como herramientas manuales hasta alcanzar el punto de protección de los servicios. A partir de esta protección, solo se hará uso de herramientas manuales para remover la arena y exponer los conductores.

### **6.5 Información Útil para Posibles Trabajos Posteriores de Mantenimiento y de Conservación**

El Contratista debe incluir en el Plan de Seguridad y Salud que está obligado a desarrollar, o en un anexo posterior al mismo que debe ser remitido a la Compañía Eléctrica, toda la información relevante que pueda resultar útil para el personal de Eléctrica S.L. o de terceros en relación con la Seguridad y Salud laboral en futuros trabajos de operación, mantenimiento y conservación de las instalaciones y construcciones realizadas en la obra que es objeto de este Estudio Básico de Seguridad y Salud.

### **6.6 Conclusión al Estudio Básico**

Considerando suficiente lo expuesto, esperamos que este proyecto merezca la aprobación de la Administración, concediendo la correspondiente autorización administrativa.

# **7 PLIEGO DE CONDICIONES**

## **7.1 Líneas Aéreas de Alta Tensión con Apoyos de Acero**

### **7.1.1 Objeto**

El propósito del presente documento es establecer el procedimiento a seguir en la construcción de LÍNEAS AÉREAS DE ALTA TENSIÓN, con el fin de lograr los siguientes objetivos:

- Garantizar la calidad en la ejecución.
- Salvaguardar la seguridad de las personas y los activos durante la construcción.
- Minimizar el impacto ambiental.
- Prevenir quejas y reclamaciones por parte de los propietarios.

Antes de que comience la obra, se proporcionará al Contratista una copia del perfil de la línea que se construirá, así como un desglose detallado de las dimensiones para la excavación y el hormigonado de cada uno de los soportes.

En el caso de que existan terrenos para los cuales aún no se hayan obtenido los permisos necesarios de paso, el Promotor informará al Contratista de esta situación para que se evite el tránsito y el depósito de materiales en dichos terrenos.

### **7.1.2 Inspecciones durante la ejecución**

Durante la fase de construcción, las inspecciones serán llevadas a cabo por el personal designado por la empresa eléctrica.

### **7.1.3 Trabajos no previstos**

En el caso de que el Contratista identifique la necesidad o conveniencia de llevar a cabo un trabajo que no haya sido inicialmente contemplado ni incluido en el Pedido Oficial o la Orden de Entrega, deberá informar al técnico responsable de la obra. No se permitirá que el contratista inicie dicho trabajo hasta que haya obtenido la autorización expresa de dicho técnico. (Esta norma no se aplica a trabajos cuya no realización pueda generar riesgos para las personas o los activos).

### **7.1.4 Replanteo de apoyos**

Si el Contratista nota alguna discrepancia entre los planos y la topografía real de la traza de la línea, o si surgen obstáculos no previstos en el perfil, ya sean naturales o contruidos (como edificios, caminos, carreteras, etc.), está obligado a informar de inmediato al Promotor. No se le permitirá continuar con la construcción de la línea hasta que el Técnico

de Eléctrica a cargo de la obra verifique si es necesario ajustar el replanteo.

Dos días antes de comenzar los trabajos de excavación, el contratista deberá verificar la disponibilidad de las estacas requeridas para la precisa ubicación de los soportes. Esta precaución asegurará que en caso de que falten estacas, el equipo topográfico pueda reinstalarlas sin interrumpir la excavación de ningún apoyo..

Para determinar la ubicación precisa de los ejes de las cimentaciones, se establecerá el siguiente esquema de estaquillas:

- Una estaquilla para los apoyos de madera.
- Tres estaquillas para todos los apoyos que se encuentren en una misma línea, incluso si son de amarre. Estas estacas estarán alineadas en la dirección de la línea, y la estaca central señalará la proyección del eje vertical del apoyo.
- Cinco estaquillas para los apoyos en ángulo. Las estacas se colocarán en forma de cruz siguiendo las direcciones de las bisectrices del ángulo formado por la línea, y la estaca central indicará la proyección del eje vertical del apoyo.

Será fundamental asegurarse de tomar todas las medidas con la máxima precisión posible para lograr una ubicación perfecta de los ejes de las excavaciones. Esto permitirá evitar la necesidad de corregir las paredes de los agujeros, lo que podría resultar en un aumento del volumen de la fundación y los costos asociados, lo cual sería responsabilidad del Contratista.

#### *7.1.5 Acceso a los apoyos*

Los senderos creados para acceder a los apoyos deben ser diseñados de manera que causen la menor perturbación posible al terreno. En este sentido, se dará preferencia a la utilización de los caminos ya existentes, incluso si en algunos casos su trazado o características no son óptimas. Es fundamental que todos los accesos sean acordados previamente con los respectivos propietarios en cada situación.

Queda estrictamente prohibida cualquier alteración de las vías de drenaje natural del agua, así como la ejecución de desmontes o terraplenes que carezcan de una capa mínima de suelo vegetal, necesaria para un enmascaramiento natural. En casos en los que las condiciones del terreno lo requieran, se implementarán sistemas de canalización de aguas para prevenir la formación de charcos y la erosión del suelo.

En caso de que los apoyos se ubiquen en áreas de cultivos, prados, olivares u otros terrenos similares, o cuando sea necesario atravesarlos para acceder a dichos apoyos, se deberán seguir los siguientes requisitos:



- Señalización del acceso: Se deberá señalizar claramente el acceso a cada apoyo, asegurando que todos los vehículos utilicen las mismas rutas de entrada y salida a través de las mismas rodadas.
- Espacio de servidumbre limitado: Alrededor de cada apoyo, se limitará al mínimo necesario el espacio que se ocupará para la realización de los trabajos, evitando ocupar más terreno del indispensable.
- Mínimo daño al terreno: Se procurará causar el mínimo daño al terreno, incluso si la ruta propuesta por el propietario es de mayor extensión.
- Cierre de cercas y cancelas: En las propiedades que se atraviesen, se mantendrán cerradas en todo momento las cercas o cancelas para evitar la entrada no autorizada de ganado u otros animales.
- Restitución de capa vegetal: En el caso de utilizar material para acondicionar los pasos de acceso con camiones a los apoyos, se restituirá la capa vegetal que previamente se haya retirado una vez finalizados los trabajos.
- Acceso restringido en espacios sensibles: En áreas como huertos, frutales, viñas u otros terrenos sensibles, el responsable de Eléctrica podría imponer restricciones para el acceso, como el uso de vehículos ligeros (Dumper), caballerías, u otros medios adecuados.

#### *7.1.6 Excavaciones y explanaciones*

Los trabajos comprendidos en éste epígrafe son los siguientes:

##### *7.1.6.1 Excavación.*

Este apartado hace referencia a la excavación requerida para la creación de los cimientos sólidos de los apoyos. Esta tarea abarca varios aspectos, como la retirada de tierra, el relleno de la cavidad tras el vertido de hormigón, el suministro de explosivos, el drenaje del agua, la instalación de estructuras de soporte y cualquier otro elemento necesario para llevar a cabo la tarea.

##### *7.1.6.2 Explanación.*

Abarca la excavación que se realiza al aire libre con el propósito de drenar las aguas y nivelar el terreno donde se instalará el soporte. Esto incluye la utilización de explosivos, herramientas y cualquier otro equipo necesario para llevar a cabo esta labor.

Se deberán considerar las siguientes indicaciones:

Se asegurará el adecuado marcado de los hoyos en relación con las estacas de replanteo, así como el control del avance vertical de las paredes de la excavación para lograr las distancias requeridas entre estas y los anclajes de los apoyos.

Las dimensiones de las excavaciones se ajustarán a las proporcionadas por la empresa eléctrica, por lo que el volumen para la certificación será el teórico, a menos que el técnico a cargo de la obra determine un nuevo tipo de excavación debido a posibles discrepancias en la clasificación inicial del terreno.

Si durante la excavación, el Contratista identifica que el terreno es inusualmente blando, se encuentra en un área pantanosa o se encuentra tierra de relleno, deberá informar al técnico a cargo de la obra. Esto se hace con el propósito de evaluar si es necesario aumentar las dimensiones de la excavación. Situaciones similares serán consideradas si se descubre agua en el fondo de la excavación, si el hoyo está cerca de un precipicio en el terreno, o en las cercanías de un arroyo, terreno propenso a inundaciones o terreno propenso a deslizamientos.

En áreas con desniveles en el terreno, se llevará a cabo una nivelación del terreno hasta el nivel correspondiente de la estaca central en las fundaciones monolíticas. Por norma general, la profundidad de la excavación se medirá con respecto a este nivel medio mencionado.

Cuando se trate de apoyos con fundaciones independientes en terrenos con desniveles, se realizará una nivelación al nivel de la estaca central. Sin embargo, las profundidades de las excavaciones se medirán desde el centro de cada una de ellas. Esta nivelación se extenderá al menos 30 cm más allá de la excavación y luego se continuará con la pendiente natural del terreno circundante. Esto se hace para asegurar que los montantes de los apoyos no queden cubiertos por tierra.

La apertura de los hoyos deberá ser coordinada con el proceso de hormigonado de tal manera que el intervalo entre ambas operaciones sea reducido según lo dictaminado por la consistencia del terreno. Si las condiciones atmosféricas o la falta de estabilidad así lo aconsejan, podría ser necesario realizar la apertura y el hormigonado de manera inmediata, proceso por proceso.

En ningún caso se permitirá que la excavación preceda al hormigonado en un plazo superior a diez días naturales. Esto se hace para prevenir que los efectos de la meteorización puedan ocasionar el colapso de los hoyos. Si los trabajos de hormigonado no avanzan de manera adecuada, el representante de Eléctrica tiene la facultad de detener los trabajos de excavación.

Se procurará minimizar el uso de explosivos siempre que sea posible. En situaciones en las que su utilización resulte indispensable, se seguirán estrictamente las regulaciones

oficiales vigentes en cada momento en relación a este tipo de trabajo. Todo el proceso de obtención del permiso necesario será responsabilidad del Contratista. Durante la manipulación, almacenamiento y transporte de explosivos, se seguirán las normativas pertinentes. En caso de requerirse el uso de explosivos, se tomarán las precauciones necesarias para prevenir riesgos. Se retirarán ramas u otros materiales inflamables de las cercanías. Si existen líneas eléctricas u otros obstáculos cercanos que puedan resultar dañados, se protegerán adecuadamente los barrenos para evitar cualquier tipo de daño

Se garantizará la preservación de la roca, asegurándose de que no sufra daños. Aquellas porciones de roca que estén desplazadas y no formen un bloque continuo con el terreno serán removidas.

El Contratista asumirá la responsabilidad de instalar y mantener la señalización y las protecciones necesarias en todos los hoyos, con el propósito de prevenir caídas de personas o animales. En caso de negligencia, se asumirá la responsabilidad civil o penal correspondiente.

Los hoyos que presenten riesgo de desprendimientos serán entibados con el objetivo de proteger a las personas y mantener la cohesión natural del terreno. Si el agua penetra en los hoyos, se evacuará antes de proceder al hormigonado.

Durante los desplazamientos de tierra, se tomará especial cuidado en separar la capa vegetal arable de manera que pueda ser restaurada en su ubicación original, preservando así su estado de suelo cultivable. La ocupación del suelo se limitará únicamente a las dimensiones de cimentación de cada apoyo.

La tierra que sobre de las excavaciones se transportará a un área donde su depósito no cause ningún daño.

Antes de comenzar el hormigonado de toda la línea o de parte de ella, se informará al técnico encargado de la obra con al menos tres días laborables de anticipación. Este técnico podrá inspeccionar los fosos si lo considera necesario antes de que comience el hormigonado. No se permitirá iniciar el proceso de hormigonado sin cumplir con este requisito. Sin embargo, si se notifica al técnico de la obra y él no puede o considera innecesaria la inspección, se podrá proceder con el hormigonado.

#### *7.1.7 Hormigón*

El hormigón empleado deberá cumplir con las especificaciones técnicas establecidas en la "Instrucción para el Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón en Masa o Armado" EH-91. Se preferirá utilizar hormigón fabricado en plantas especializadas. (La fabricación en obra solo será posible con la autorización explícita de Eléctrica y únicamente mediante el

uso de hormigoneras, nunca de forma manual).

Tendrá una resistencia característica de  $150 \text{ kp/cm}^2$  a los 28 días, con una cantidad mínima de cemento por  $\text{m}^3$  de 200 kg.

En la composición se empleará cemento tipo Portland P-350 en condiciones normales. Será necesario el uso del tipo P-350-Y en presencia de yesos y el tipo PUZ-II-350 en áreas cercanas a la costa, marismas u otros entornos agresivos.

Cuando el hormigonado se realice en el mismo lugar de la excavación, se deberán considerar:

Se empleará agua proveniente de ríos o manantiales, siempre y cuando su mineralización no sea excesiva ni ácida. Está prohibido utilizar agua de mar o proveniente de zonas pantanosas en la elaboración. En caso de que el agua propuesta no haya sido previamente validada por la práctica, será sometida a análisis conforme a lo establecido en la EH-91.

Los materiales como arena y grava podrán provenir de ríos, arroyos y canteras, y deben estar exentos de contaminantes como carbón, escorias, yeso y mica. Es esencial que los áridos sean originados de rocas naturales inactivas y sin interacción negativa con el cemento. Se da prioridad a las arenas de cuarzo en contraposición a las de origen calcáreo. Queda prohibido el uso de áridos que contengan calizas sensibles, piedras de jaboncillo y esquistos, y no deben contener piezas planas ni alargadas. Para cualquier otro tipo de árido, incluso si su uso es aceptado en la práctica, debe ser examinado y aprobado por el Promotor. Los costos de las pruebas y evaluaciones necesarias para su aprobación serán asumidos por el Contratista.

Las dimensiones máximas de las piedras será de seis cm.

De forma sistemática se comprobará la dosificación del hormigón, la cual ha de ser la siguiente:

- Arena,  $1/3$ .
- Grava,  $2/3$ .
- Cemento,  $200 \text{ kg/m}^3$
- Agua.  $200 \text{ l/m}^3$

Según esto, la dosificación por cada saco de cemento, será:

- 1 saco de cemento (de 50 kg).
- 9 espuelas (con colmo) de arena.

- 17 espuelas (con colmo) de grava.
- 4,5 cubos (italianos, de 9 litros de capacidad) de agua (se obtienen aproximadamente  $0,250 \text{ m}^3$ ).

El orden recomendado de verter los materiales en la hormigonera es como sigue:

1° Una parte de la dosis de agua.

2° El cemento y la arena simultáneamente.

3° La grava.

4° El resto del agua.

El proceso de mezcla debe llevarse a cabo durante al menos un minuto o cuarenta revoluciones completas. Cualquier uso de aditivos requerirá previa y explícita autorización por parte del Promotor. El Contratista asumirá todos los costos asociados a los materiales del hormigón, así como aquellos necesarios para la construcción de encofrados, andamios, etc. (Los encofrados serán de naturaleza metálica).

#### *7.1.8 Tomas de tierra*

En situaciones en las que el apoyo carezca de una conexión de tierra en anillo, se procurará hincar una pica en el fondo de la excavación del apoyo. Esta pica debe ser introducida verticalmente en su totalidad, con el objetivo de alcanzar un terreno permanentemente húmedo.

Cuando no sea posible hincar completamente la pica, se cortará la porción que no pueda ser hincada. En estos casos, se buscará una ubicación en la que se pueda excavar un pozo para hincar una segunda pica, situada a una distancia de entre 2,5 y 8 metros del hoyo de la cimentación.

Este pozo tendrá una profundidad tal que el extremo de la segunda pica quede a un mínimo de 60 cm por encima de la superficie del terreno. Esta profundidad mínima se extenderá hasta la zanja de conexión entre la segunda pica y el foso de la cimentación.

La unión entre ambas picas se realizará por medio de dos cables de acero galvanizado de  $50 \text{ mm}^2$  de sección.

#### *7.1.9 Ejecución del hormigonado*

La primera tarea a realizar, justo antes de iniciar el proceso de hormigonado, implicará insertar la pica de toma de tierra en el fondo de la excavación. Además, se procederá a la conexión de los cables (dos cables de acero de  $50 \text{ mm}^2$ ) de toma de tierra con dicha pica.

Estos cables se introducirán dentro de un tubo coarrugado de 25 mm de diámetro interno, asegurando que sobresalgan al menos 25 cm por encima de la base del apoyo.

Posteriormente, se dispondrá el anclaje y/o la plantilla sobre los fosos, garantizando su correcta alineación, nivelación y ubicación en altura. Luego, se procederá a fijarlos al terreno de manera que queden asegurados y eviten cualquier tipo de movimiento.

En situaciones donde se traten de apoyos metálicos o de hormigón con bases empotradas, se procederá de la siguiente manera: antes de colocar el anclaje (o la base del apoyo en el caso de apoyos de hormigón), se dispondrán piedras debajo de cada "pata" de manera que el poste tenga un soporte firme y uniforme. Esto asegurará que se mantenga la distancia especificada en los planos entre la superficie del terreno en el fondo de la excavación y el apoyo.

En los casos en que se realice el hormigonado "in situ", se habrá colocado previamente una capa de hormigón seco, compactado intensamente, con el grosor indicado en los planos. Esta capa permitirá alcanzar la distancia señalada anteriormente entre el terreno y el apoyo. Luego, se procederá a la colocación de la base del apoyo o del apoyo completo (si se ha colocado la capa de hormigón, esta etapa deberá realizarse después de 24 horas). En el primer caso, se nivelará con atención el plano de unión de la base con la estructura exterior del apoyo. En el segundo caso, se asegurará la verticalidad del apoyo completo y se lo sujetará con vientos para evitar su movimiento.

Los apoyos de fin de línea y ángulo deberán ser hormigonados con una ligera inclinación del 0,5 al 1% en dirección opuesta a los esfuerzos permanentes generados por los conductores.

Se prestará atención a las distancias entre los anclajes y las paredes de los hoyos, además de colocar previamente el tubo destinado a los cables de la toma de tierra.

La limpieza del fondo de la excavación será cuidadosa, y si fuera necesario se procederá a achicar el agua presente en los hoyos antes de iniciar el proceso de hormigonado..

El vertido del hormigón se realizará durante las horas de luz diurna, es decir, desde una hora después del amanecer hasta una hora antes del anochecer.

La excavación deberá ser completamente rellena con hormigón, incluso si su tamaño excede las dimensiones definidas en la documentación. Sin embargo, el volumen certificable será siempre el teórico especificado.

En el caso de haber utilizado explosivos debido a la naturaleza rocosa del terreno, lo que resultó en un volumen de excavación mayor al previsto, será necesario rellenar por completo el hueco con hormigón. En este caso, se certificará la medida teórica tanto de la excavación

como del vertido de hormigón.

El proceso de vertido del hormigón se llevará a cabo en capas o estratos para prevenir desplazamientos en la base del apoyo o del anclaje. La compactación del hormigón será una prioridad y se realizará mediante apisonamiento en intervalos no mayores a 30 cm, evitando cualquier golpe contra el anclaje.

Una vez que se haya comenzado el hormigonado de un apoyo, se mantendrá un flujo ininterrumpido hasta que se complete su llenado. En casos en los que haya sido necesario detener el vertido, al retomar el proceso se asegurará de lavar la parte interrumpida con agua, seguido por el uso de una escoba metálica para limpiar y finalmente se cubrirá la superficie con una capa de enlucido de cemento con la fluidez necesaria.

Durante el proceso de vertido del hormigón, se mantendrá una comprobación continua para asegurarse de que la base del apoyo o los anclajes no hayan experimentado ningún desplazamiento. Para ello, no se retirarán los medios de medición y comprobación hasta que la operación de vertido haya sido completada por completo.

Las operaciones de hormigonado serán suspendidas en caso de que la temperatura ambiente sea inferior a 0°C o superior a 40°C.

En situaciones en las que se anticipen temperaturas por debajo de 0°C durante el fraguado, se emplearán materiales como sacos, papel, paja, etc., para cubrir las superficies expuestas.

Por otro lado, si se prevén temperaturas superiores a 40°C durante el proceso de fraguado, se realizará un riego frecuente en la bancada para mantener una temperatura adecuada..

Los dispositivos de fijación de la base o los anclajes no deben ser manipulados ni desmontados hasta que hayan transcurrido al menos 24 horas desde la finalización del proceso de vertido del hormigón, lo cual incluye las peanas. En caso de necesitar su remoción, esta operación debe llevarse a cabo con el debido cuidado para evitar aplicar fuerzas excesivas sobre los anclajes, evitando así la generación de grietas en el hormigón o entre las diferentes estructuras.

La porción elevada de la estructura que se encuentra por encima del nivel del suelo, incluyendo el revestimiento, deberá ser construida utilizando mortero con la misma proporción que se utilizó en la cimentación. Un exceso de cemento podría resultar en la formación de grietas en la capa exterior de la estructura.

Esta porción elevada que sobresale del terreno, conocida como peana, debe ser finalizada en una forma que recuerda a un tronco de pirámide, con las caras inclinadas con un ángulo no menor al 20%. En áreas de terreno de cultivo, la porción más baja de la peana deberá

elevarse un mínimo de 30 cm por encima del terreno, mientras que en otras áreas, esta altura no debe ser inferior a 20 cm. Se prestará especial atención para asegurar que las superficies expuestas tengan un acabado óptimo.

#### *7.1.10 Puestas a tierra en apoyos metálicos que soportan aparatos de maniobra o que están ubicados en zonas de pública concurrencia*

En estos casos, previamente señalados en el perfil de la línea, es de carácter obligatorio emplear un electrodo de difusión o implementar tomas de tierra utilizando un anillo cerrado. Este sistema se entierra alrededor del punto donde el soporte metálico está empotrado, manteniendo una separación de un metro desde el borde exterior del área definida por la base del soporte. En estos puntos de soporte, es imperativo llevar a cabo mejoras en la conexión a tierra hasta que se alcance un valor igual o inferior a 20 ohmios..

#### *7.1.11 Acopio, armado e izado de apoyos*

Las operaciones de carga en el almacén y descarga en el campo se llevarán a cabo utilizando los equipos y métodos apropiados para asegurar que las estructuras no sufran ningún tipo de daño.

Se dará preferencia a la utilización de los mismos accesos que fueron empleados durante la fase de construcción civil, siempre que sea factible.

Durante el proceso de descarga de las estructuras en el campo, se tomarán medidas para minimizar cualquier posible impacto en los cultivos existentes.

Es estrictamente prohibido almacenar materiales en las cunetas de carreteras, bloquear caminos o afectar de manera generalizada la circulación normal de personas y vehículos..

Antes de iniciar el proceso de ensamblaje de las torres de celosía y las estructuras en barra en serie, la entidad contratista llevará a cabo el montaje de una unidad representativa de cada tipo. El propósito de esta etapa es verificar la perfecta conexión entre las diversas barras que conforman cada variante de soporte, en caso de que se trate de estructuras metálicas que se ensamblan a partir de barras individuales.

Si las estructuras son de naturaleza metálica y se unen mediante soldadura en tramos, se verificará minuciosamente la correcta unión de los elementos constituyentes del soporte, así como las crucetas que lo conforman.

En caso de que se presenten irregularidades o problemas durante este proceso, se comunicará de inmediato al técnico a cargo de la obra para tomar medidas correctivas en colaboración con el fabricante.

Durante la creación de estos prototipos, se utilizará el juego de tornillería especificado



por el fabricante en los planos de montaje. Esto incluirá consideraciones sobre diámetros, longitudes, arandelas y otros componentes necesarios para la conexión adecuada.

Los tornillos serán minuciosamente limpiados antes de su utilización, y se aplicará un apriete adecuado para asegurar el contacto efectivo entre las partes unidas. La sección transversal de los tornillos estará determinada por el diámetro de los agujeros que atraviesan. La longitud de los tornillos dependerá de los espesores que se están uniendo, de manera que, una vez apretados, dos hilos del vástago fileteado deberán sobresalir de la tuerca.

Si la entidad contratista percibe que los tornillos no son los apropiados, notificará de inmediato al Técnico a cargo de la obra.

En el montaje de soportes metálicos, se utilizarán únicamente llaves de tubo para apretar los tornillos, y para alinear los agujeros, se empleará un punzón de calderero. Es importante destacar que el punzón nunca deberá usarse para ensanchar los agujeros.

Las barras que componen los soportes deberán ser inspeccionadas en el lugar de la obra antes de su montaje, con el objetivo de garantizar que no hayan sufrido deformaciones ni torsiones durante el transporte. En caso de detectar tales problemas, se deberá descartar y reemplazar las barras afectadas. Si esta situación surge, se debe comunicar inmediatamente al técnico encargado de la obra.

En el caso de apoyos de hormigón se llevará a cabo una verificación minuciosa para asegurar la colocación precisa de las crucetas, de acuerdo con los orificios presentes en los postes.

Una vez confirmado que los prototipos no exhiben ningún tipo de anomalía, se procederá a la construcción de series de soportes. Para este proceso, se tendrá en consideración que el montaje y elevación se pueden llevar a cabo de dos maneras:

- Armado en el suelo para posteriormente izar la torre completa con grúa.
- Armado e izado por elementos (barras o cuerpos) de la torre mediante pluma.

En situaciones donde se empleen apoyos armados en el terreno, se procurará calzarlos adecuadamente para mantener su horizontalidad y prevenir cualquier posible deformación en la estructura de celosía.

El método de elevación seleccionado para cada tipo de apoyo deberá ser acorde a sus características particulares. Una vez que el apoyo esté instalado en su posición, se buscará que su verticalidad sea mantenida, a excepción de los apoyos ubicados en los extremos de la línea o en ángulos. En estos casos específicos, se aplicará una ligera inclinación del 0,5 al 1% en dirección opuesta a las fuerzas generadas por los conductores eléctricos.

Durante el proceso de montaje de los apoyos, se implementarán todas las medidas de precaución necesarias para prevenir la aplicación de cargas que puedan inducir deformaciones permanentes en los apoyos de metal, así como la formación de grietas en aquellos fabricados en hormigón.

No estará permitido comenzar el proceso de izado de un apoyo hasta que haya transcurrido, como mínimo, una semana desde la finalización del vertido de hormigón que compone su anclaje.

Cuando se realice el izado de apoyos mediante el uso de grúas, es fundamental asegurarse de que la longitud de la pluma y la capacidad de carga de la grúa sean adecuadas para levantar el apoyo más crítico. Esto debe tener en cuenta los coeficientes de seguridad requeridos para este tipo de maquinaria. Queda estrictamente prohibido emplear grúas para el izado de apoyos que, debido a su ubicación en áreas de viñedos, plantaciones de frutales, huertas u otros cultivos similares, puedan ocasionar daños a los cultivos circundantes.

Las grúas deberán utilizar las mismas vías de acceso que se emplean para la construcción de la infraestructura civil y para el almacenamiento de materiales.

Cuando se vaya a izar un apoyo que se encuentra en las cercanías de una línea eléctrica, es necesario notificar esta circunstancia al técnico a cargo de la obra. Esto se hace con el fin de evaluar si es preciso solicitar la desconexión temporal de la línea eléctrica cercana, o si se deben adoptar otras precauciones especiales para garantizar la seguridad de la operación.

Tanto en el proceso de ensamblaje en el suelo como en el izado mediante elementos, se evitará apretar por completo las uniones hasta que la torre esté completamente ensamblada y se haya verificado la ejecución precisa de cada componente.

En el caso de líneas de simple circuito que cuenten con crucetas dispuestas en patrón de tresbolillo, previo al inicio del proceso de izado, el contratista deberá coordinar con el técnico a cargo de la obra para determinar la configuración específica que se asignará a las crucetas antes de proceder con el izado.

Solamente después de que la torre haya sido completamente izada y todas sus uniones estén apretadas, se procederá a realizar el graneteado de la tornillería. Este proceso consistirá en aplicar tres golpes de granete en forma de estrella en las tuercas, con el propósito de prevenir el aflojamiento de las mismas. Se enfatiza que no se permitirá realizar el graneteado en las torres que hayan sido ensambladas en el suelo antes de ser izadas.

Inmediatamente después de asegurar y sujetar el apoyo en su anclaje correspondiente, se llevará a cabo la conexión de la toma de tierra, la cual habrá sido instalada previamente.

Una vez que se haya completado el proceso de apriete y graneteado de la torre, se

procederá a restaurar cualquier pequeño defecto o daño que pudiera haberse manifestado mediante la aplicación de pintura de galvanizado en frío.

Después de completar el proceso de izado del apoyo, se abstendrá de retirar los vientos sustentadores del mismo hasta que hayan transcurrido al menos 48 horas, en el caso de apoyos cuya base esté construida en hormigón.

En cada apoyo se fijará una placa vitrificada que indique "riesgo eléctrico". Para ello, se utilizará un martillo impulsor con clavos roscados M-4 que se alineen con los orificios preperforados en la placa. Tanto los clavos como las arandelas, hechos de acero inoxidable, serán provistos por el contratista.

Además, se asignará un número de identificación al apoyo, siguiendo la secuencia numerada establecida por el técnico a cargo de la obra.

Una vez finalizada la etapa de izado de los apoyos, el contratista deberá presentar un informe que detalle la resistencia de dispersión a tierra de cada apoyo. En este informe se indicará también qué apoyos cuentan con sistemas de toma de tierra en forma de anillo, y cuáles han requerido la instalación de tomas de tierra adicionales debido a la imposibilidad de hincar la pica en el fondo de la excavación

#### *7.1.11.1 Tendido, tense y regulado*

Es imperativo que antes de proceder al tendido de los conductores, se asegure la colocación de las placas de advertencia de riesgo eléctrico en todos los apoyos.

El proceso de tendido de los conductores no podrá iniciar hasta que haya transcurrido al menos una semana desde la finalización del hormigonado de los apoyos. Sin embargo, siempre que sea factible, se buscará extender este período para que haya pasado un tiempo considerable entre la finalización del hormigonado y el inicio del tendido, siendo ideal que transcurran 28 días.

Una vez concluida la fase de izado de los apoyos y antes de comenzar el tendido de los conductores (con al menos tres días laborables de anticipación), será necesario notificar al técnico responsable de la obra sobre este próximo paso. Esta notificación tiene el propósito de permitir que el técnico pueda inspeccionar las etapas de tendido, tensado y ajuste, si así lo considera necesario. No se debe emprender el proceso de tendido sin cumplir este requisito. Si el técnico a cargo de la obra, debidamente informado, no puede o considera innecesaria dicha inspección, entonces se podrá iniciar el tendido, tensado y ajuste.

Es fundamental manejar los aisladores y herrajes con el máximo cuidado. No deben ser desembalados hasta el momento de su colocación. Antes de instalarlos, es esencial

examinarlos en busca de cualquier daño. Si se detecta algún desperfecto, la pieza dañada deberá ser devuelta al almacén y reemplazada por otra en buen estado.

En el caso de cadenas de aisladores, se tomarán medidas exhaustivas para prevenir golpes tanto entre las piezas como contra superficies duras.

En el contexto de aisladores rígidos, se asegurará el montaje del soporte metálico mientras el aislador se encuentra en posición vertical invertida. El material utilizado para fijar el vástago al aislador será filástica impregnada de minio. Se cuidará de que el soporte no alcance la parte inferior del aislador.

Se evitará almacenar las cadenas en áreas con barro u otros elementos que puedan manchar las piezas.

Previo a su instalación en los apoyos, las cadenas serán limpiadas para eliminar cualquier polvo, barro o suciedad que puedan haber acumulado.

Es esencial que las bobinas se manipulen con extrema precaución durante sus diferentes movimientos para prevenir cualquier daño en los cables y preservar la integridad de los carretes de madera. Con este fin, se emplearán equipos mecánicos apropiados tanto en la carga como en la descarga, con el propósito de evitar impactos bruscos que puedan resultar en daños a los carretes.

Los puntos designados para el acopio de las bobinas tendrán en consideración las longitudes de los cables y la metodología de tendido, así como las características particulares del terreno.

No se permitirá el almacenamiento de las bobinas en áreas propensas a inundaciones o con alto riesgo de incendio. Al colocar las bobinas, se asegurará que el extremo del conductor salga por la parte superior de las mismas, siguiendo el sentido de giro indicado por el fabricante.

Se prestará una atención especial a los conductores que incluyan acero galvanizado en su composición, evitando su contacto con tierra u otras sustancias orgánicas, especialmente en condiciones de humedad.

Las poleas utilizadas para el tendido de cables de aluminio-acero serán fabricadas con aleación de aluminio. El diámetro interno de la garganta de la polea será al menos 20 veces el diámetro del conductor. Cada polea estará equipada con rodamientos de bolas debidamente lubricados, y las armaduras no entrarán en contacto con las poleas de aluminio.

Cuando sea necesario realizar el tendido de cables sobre vías de comunicación como carreteras, autovías, ferrocarriles, caminos, entre otros, se implementarán medidas de

protección especiales de manera provisional. Estas medidas tienen como objetivo evitar que los conductores caigan sobre dichas vías de comunicación, al mismo tiempo que permiten el flujo continuo del tráfico. Aunque estas protecciones sean temporales, deben ser diseñadas para resistir con seguridad cargas anormales que puedan aplicarse en caso de accidentes, como la caída de uno o más cables sobre ellas. En las áreas cercanas a carreteras o caminos, las protecciones serán adecuadamente señalizadas.

En cada cruce de carreteras se instalarán las señales de tráfico necesarias, como las señales de obras, limitaciones de velocidad, señales de peligro, y otras, según lo determine la autoridad de carreteras competente.

En situaciones en las que sea necesario cruzar líneas de alta tensión, es crucial implementar las protecciones necesarias para garantizar que los conductores no sufran daños durante el cruce. Si es necesario desconectar una línea para permitir el cruce, se deben preparar con antelación todas las herramientas y materiales requeridos. Esto se hace con el propósito de minimizar el tiempo de desconexión y asegurarse de que todo esté listo antes de proceder. Esta operación se llevará a cabo conforme al plan elaborado por la compañía eléctrica para este propósito.

En los casos de cruces y áreas cercanas a líneas aéreas de alta tensión, se aplicarán todas las medidas de seguridad y directrices para trabajos en instalaciones bajo tensión que haya establecido la empresa eléctrica. El contratista deberá disponer de equipos de detección de ausencia de tensión y de sistemas de puesta a tierra adecuados para la tensión y los conductores de la línea que se pretende desconectar.

El contratista deberá planificar con la debida anticipación, según lo requerido por las diferentes Autoridades Oficiales, los cruces de carreteras, ferrocarriles, líneas eléctricas, etc. Esto permitirá coordinar los cortes de tráfico, notificaciones a vigilantes de RENFE y demás aspectos necesarios.

Antes de proceder al tensado de los conductores, es necesario realizar un proceso de venteo en sentido longitudinal de la línea en los apoyos de amarre.

En líneas de menor envergadura y siempre que se cuente con la aprobación previa del técnico encargado de la obra, se podría llevar a cabo el tendido de manera manual, sin la necesidad de utilizar freno y máquina de tiro. No obstante, en todas las circunstancias, se requerirá el uso obligatorio de cables piloto para llevar a cabo el proceso de tendido.

Si no se ha obtenido la aprobación previa del técnico encargado de la obra para llevar a cabo el tendido manualmente, será imperativo que el tendido se realice utilizando los medios mecánicos adecuados.

Independientemente de si el tendido se realiza utilizando métodos manuales o mecánicos, es esencial que el Contratista implemente un sistema de comunicación efectivo que permita detener los tirones del conductor en cualquier momento si las circunstancias lo requieren. Además, el Contratista deberá contar con un equipo de personal adecuado para llevar a cabo correctamente las fases de tendido, tensado y regulado.

En el caso de utilizar medios mecánicos para el tendido, se emplearán tambores de frenado cuyo diámetro sea al menos 60 veces el del conductor que se va a tender.

Los cables piloto utilizados en el tendido deberán ser flexibles y diseñados para prevenir la torsión. Estos se conectarán al conductor principal mediante manguitos de rotación para evitar la acumulación de torsión.

Los cables piloto deberán estar dimensionados considerando tanto los esfuerzos de tendido como los coeficientes de seguridad apropiados para cada tipo de conductor.

Con el fin de evitar la formación de "jaulas" en los conductores durante el proceso de tendido, el sistema de suspensión de las bobinas debe contar con mecanismos de frenado hidráulico o mecánico.

Además, será necesario enrollar el conductor de manera que se utilicen todas las espiras del tambor de frenado para evitar problemas durante el proceso de tendido.

Es fundamental llevar a cabo la tracción de los conductores a una distancia adecuada del apoyo de tensado. Esto asegurará que el ángulo formado por las tangentes del cable a medida que pasa por la polea no sea inferior a  $160^\circ$ . Este enfoque tiene dos objetivos clave: en primer lugar, evitar el aplastamiento del cable contra la polea y, en segundo lugar, prevenir la posibilidad de doblar la cruceta.

Durante el proceso de tendido, será esencial utilizar dispositivos de medición de la fuerza de tracción en los extremos del tramo donde se encuentra el cablestante y el freno. El dispositivo en el cablestante deberá contar con funciones para medir tanto el esfuerzo máximo como el mínimo, y además incorporar una característica de detención automática en caso de aumentos o disminuciones anormales en las fuerzas de tracción.

En caso de que ocurra algún daño en el conductor durante el tendido debido a alguna circunstancia imprevista, se deberá comunicar de inmediato al técnico encargado de la obra. Esta información permitirá determinar la mejor solución para la situación, que podría incluir opciones como reparaciones con preformados, manguitos de empalme comprimidos, o incluso la sustitución completa del conductor.

Cuando se trata de la cantidad y ubicación de los empalmes en la instalación, es fundamental considerar lo siguiente::

- No se permitirá la presencia de ningún empalme de conductores en los vanos de cruce de carreteras, ferrocarriles u otras infraestructuras similares..
- En el caso de cruzamientos con líneas eléctricas, se permite un empalme por conductor en el vano de cruce..
- No pueden realizarse más de dos empalmes por vano y para un mismo conductor.
- Si se trata de conductores con diferentes secciones o naturaleza, los empalmes deben efectuarse en el tramo más flexible de un apoyo de anclaje..
- Ningún empalme debe quedar a menos de una vez la altura del apoyo de la grapa de suspensión o anclaje.
- Se debe asegurar que el manguito de acero quede centrado con respecto al de aluminio.

(A pesar de estas pautas, se recomienda que, si es posible, todos los empalmes se realicen en el puente flojo de un apoyo de amarre).

Si se identifican árboles que interfieran con la regulación del conductor, es decir, aquellos sobre los cuales el conductor descansa en su posición normal, es necesario que sean cortados. Antes de realizar el corte, se deben obtener los permisos correspondientes tanto de los propietarios de los árboles como de la Administración. La contratista se hará responsable de cualquier infracción que su personal pudiera cometer al cortar árboles sin autorización.

Para llevar a cabo este proceso, el Contratista deberá proporcionar al técnico encargado de la obra una lista detallada de los árboles que necesitan ser cortados. Esta lista deberá incluir claramente el nombre y la dirección del propietario, el número de ramas a cortar, el tipo de árbol, entre otros detalles relevantes. Es esencial que esta información se entregue al técnico con suficiente antelación para asegurar que los permisos necesarios sean obtenidos y el proceso de corte se realice de manera legal y apropiada.

Al determinar la necesidad de cortar árboles, es esencial considerar las siguientes distancias:

- Distancia entre los conductores y las ramas: Esta distancia nunca debe ser inferior a tres metros en ningún caso, tomando en consideración la flecha máxima del conductor. La flecha máxima se refiere a la curvatura que alcanza el conductor cuando su temperatura es la más alta.
- Si los árboles están completamente desarrollados, las mediciones se harán directamente entre ellos y los conductores. Si los árboles no han alcanzado su pleno desarrollo, la distancia mínima de tres metros deberá aumentarse en proporción a la

posible altura adicional del árbol.

- Distancia entre los conductores y la base de los árboles: Esta distancia debe ser tal que, en caso de que el árbol caiga debido a un accidente o a la tala, no entre en contacto con los conductores. Para lograr esto, es necesario cortar todos los árboles cuyas bases estén a una distancia igual o menor a la altura máxima del árbol respecto a los conductores.

#### 7.1.12 Flechas

El contratista será responsable de llevar a cabo la medición de las flechas necesarias para regular los conductores. Esto deberá realizarse utilizando los medios y procedimientos adecuados, y el contratista deberá proporcionar el personal y los vehículos necesarios. En caso de que las condiciones del terreno y la ubicación de los apoyos requieran el uso de equipos topográficos, el contratista también deberá asegurarse de que estos estén disponibles.

Al medir las flechas, es importante tener en cuenta varios aspectos. Los conductores deben ser instalados de acuerdo con las tablas de cálculo previamente establecidas en la oficina técnica. Estas tablas proporcionan los valores de las flechas y las tensiones horizontales en función de la longitud de los vanos, asumiendo que los apoyos están al mismo nivel. Sin embargo, si se trata de medir la flecha de un conductor en vanos donde los apoyos están a diferentes niveles, se determina de la misma tabla de montaje, pero utilizando el valor correspondiente a una longitud de vano denominada "vano equivalente". El cálculo del vano equivalente se realiza de la siguiente manera::

Siendo:

a = Distancia horizontal entre apoyos

li = Distancia inclinada entre apoyos

d = Distancia vertical entre los puntos de sujeción de los conductores en los apoyos (desnivel)

a) Vanos comprendidos entre cadenas de suspensión:

La longitud del vano equivalente viene definida por:

$$l_{\text{vanoequivalente}} = \sqrt{a \ l_i}$$

(1)

En donde:



- $a$ : Distancia horizontal entre apoyos en m.
- $l_i$ : Distancia inclinada entre apoyos en m.
- $d$ : Distancia vertical entre los puntos de sujeción de los conductores en los apoyos (desnivel) en m.

Y puede tomarse como valor aproximado:

$$l_{\text{vanoequivalente}} = a + \frac{d^2}{4a}$$

**(2)**

En donde:

- $a$ : Distancia horizontal entre apoyos en m.
- $l_i$ : Distancia inclinada entre apoyos en m.
- $d$ : Distancia vertical entre los puntos de sujeción de los conductores en los apoyos (desnivel) en m.

b) Vanos con cadenas de amarre-anclaje:

La longitud del vano equivalente viene definida por:

$$l_{\text{vanoequivalente}} = 2l_i - a$$

**(3)**

En donde:

- $a$ : Distancia horizontal entre apoyos en m.
- $l_i$ : Distancia inclinada entre apoyos en m.
- $d$ : Distancia vertical entre los puntos de sujeción de los conductores en los apoyos (desnivel) en m.

Y puede tomarse como valor aproximado:

$$l_{\text{vanoequivalente}} = a + \frac{d^2}{a}$$

**(4)**

Una vez que se ha determinado la longitud del vano equivalente a partir de las tablas de flechas y tensiones específicas para el tipo de conductor utilizado y la ubicación de la línea, se procederá a obtener la flecha "f" correspondiente al vano que se va a regular. Este vano en

cuestión tendrá una longitud horizontal "a" y una longitud inclinada "li".

La obtención de la flecha "f" se llevará a cabo mediante interpolación entre los valores proporcionados en las tablas mencionadas anteriormente. La medición de la flecha de un vano puede realizarse de diversas maneras, ya sea a simple vista, utilizando un anteojo o empleando equipos topográficos.

En este proceso de medición de flechas, se utiliza la siguiente fórmula:

$$f = \left( \frac{\sqrt{h} + \sqrt{m}}{2} \right)^2$$

(5)

En donde:

- $f$ : Flecha que queremos dar en m.
- $h$ : Distancia desde el punto de sujeción del conductor hasta el punto desde el cual se dirige la visual tangente al conductor, tal y como se indica en la figura anterior en m.
- $m$ : Distancia desde el punto de sujeción del conductor hasta el punto donde se dirige la visual en m.

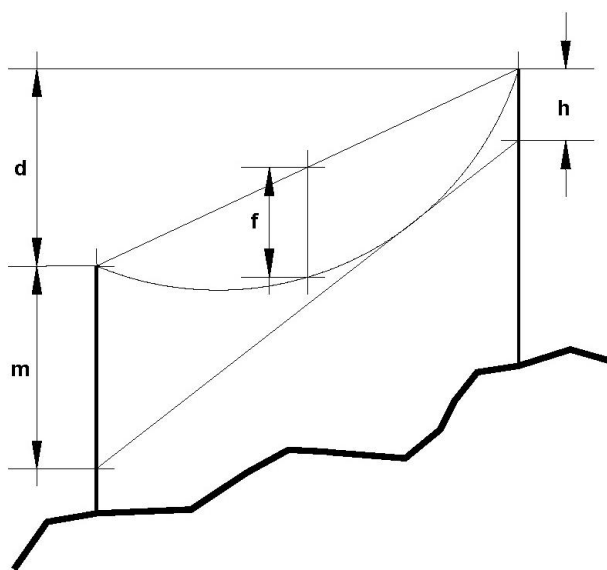


Ilustración 7 Figura P.C. nº1

En situaciones en las que sea factible, se seguirá el siguiente procedimiento:

Se colocarán tablillas a una distancia del punto de sujeción del conductor que sea igual a la longitud de la flecha correspondiente a un vano de longitud equivalente a la del vano en cuestión.

En efecto, cuando  $h=m=f$ , obtenemos:

$$\left( \frac{\sqrt{h} + \sqrt{m}}{2} \right)^2 = \frac{(\sqrt{f})^2 + (\sqrt{f})^2 + 2\sqrt{f}\sqrt{f}}{4} = \frac{4f}{4} = f$$

(6)

En donde:

- $f$ : Flecha que queremos dar en m.
- $h$ : Distancia desde el punto de sujeción del conductor hasta el punto desde el cual se dirige la visual tangente al conductor, tal y como se indica en la figura anterior en m.
- $m$ : Distancia desde el punto de sujeción del conductor hasta el punto donde se dirige la visual en m.

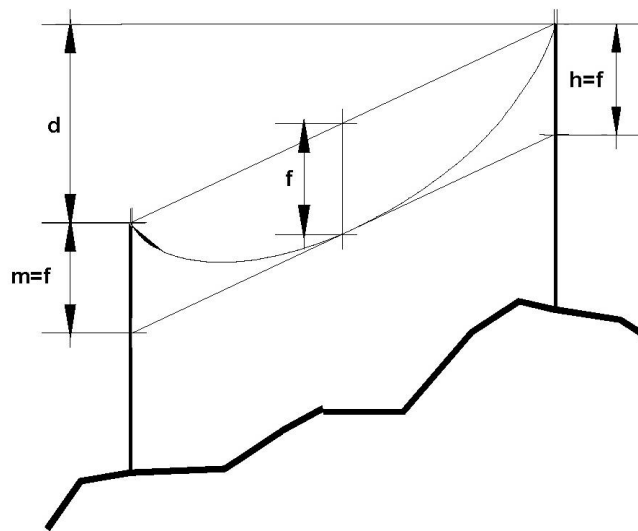


Ilustración 8 Figura P.C. n°2

Cuando la disposición de los apoyos o las características del terreno impidan llevar a cabo la medición de la flecha según el método previamente mencionado, será necesario recurrir al uso de instrumentos topográficos para realizar dicha medición.

Dependiendo de si nos interesa medir la flecha desde el apoyo cuyo punto de sujeción del cable se encuentra a una mayor altura o desde el apoyo de menor altura, se aplicarán fórmulas específicas. Aquí describiremos ambos casos:

Medición desde el apoyo con el punto de sujeción más alto:

$$f = \left( \frac{\sqrt{h} + \sqrt{m}}{2} \right)^2 ; \text{ como } \operatorname{tg} \alpha = \frac{AB}{a} = \frac{m + d - h}{a} ; m = h - d + a \operatorname{tg} \alpha$$

(7)

$$f = \left[ \frac{\sqrt{h} + \sqrt{h - d + a \operatorname{tg} \alpha}}{2} \right]^2 ; \sqrt{f} = \frac{\sqrt{h} + \sqrt{h - d + a \operatorname{tg} \alpha}}{2} ; 2\sqrt{f} - \sqrt{h} = \sqrt{h - d + a \operatorname{tg} \alpha}$$

(8)

$$\left( 2\sqrt{f} - \sqrt{h} \right)^2 = h - d + a \operatorname{tg} \alpha ; \operatorname{tg} \alpha = \frac{\left( 2\sqrt{f} - \sqrt{h} \right)^2 - h + d}{a}$$

(9)

$$\alpha = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \left[ \frac{\left( 2\sqrt{f} - \sqrt{h} \right)^2 - h + d}{a} \right]$$

(10)

En donde:

- $f$ : Flecha que queremos dar en m.
- $h$ : Distancia desde el punto de sujeción del conductor hasta el punto desde el cual se dirige la visual tangente al conductor, tal y como se indica en la figura anterior en m.
- $m$ : Distancia desde el punto de sujeción del conductor hasta el punto donde se dirige la visual en m.

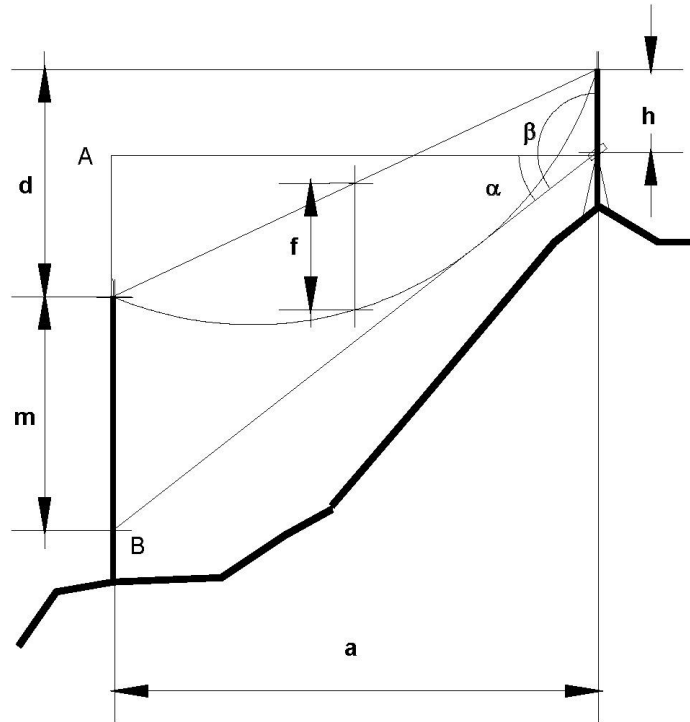


Ilustración 9 Figura P.C. nº3

El ángulo  $\beta$  a marcar, con aparatos topográficos cuyo origen de ángulos esté en la vertical ascendente, será:

$$\beta = \alpha + 100 \text{ (cuidando el poner el valor de } \alpha \text{ con el signo obtenido)}$$

Desde el apoyo cuyo punto de cogida del cable se encuentra a menor altura. En éste caso:

$$f = \left( \frac{\sqrt{h} + \sqrt{m}}{2} \right)^2; \text{ como } \operatorname{tg} \alpha = \frac{AB}{a} = \frac{d + h - m}{a}; \quad m = d + h - a \operatorname{tg} \alpha$$

(11)

$$f = \left[ \frac{\sqrt{h} + \sqrt{d + h - a \operatorname{tg} \alpha}}{2} \right]^2; \quad \sqrt{f} = \frac{\sqrt{h} + \sqrt{d + h - a \operatorname{tg} \alpha}}{2}; \quad 2\sqrt{f} - \sqrt{h} = \sqrt{d + h - a \operatorname{tg} \alpha}$$

(12)

$$(2\sqrt{f} - \sqrt{h})^2 = d + h - a \operatorname{tg} \alpha; \quad \operatorname{tg} \alpha = \left( \frac{d + h - (2\sqrt{f} - \sqrt{h})^2}{a} \right)$$

(13)

$$\alpha = \text{arc tg} \left( \frac{d + h \left( 2\sqrt{f} - \sqrt{h} \right)^2}{a} \right)$$

(14)

En donde:

- $f$ : Flecha que queremos dar en m.
- $h$ : Distancia desde el punto de sujeción del conductor hasta el punto desde el cual se dirige la visual tangente al conductor, tal y como se indica en la figura anterior en m.
- $m$ : Distancia desde el punto de sujeción del conductor hasta el punto donde se dirige la visual en m.

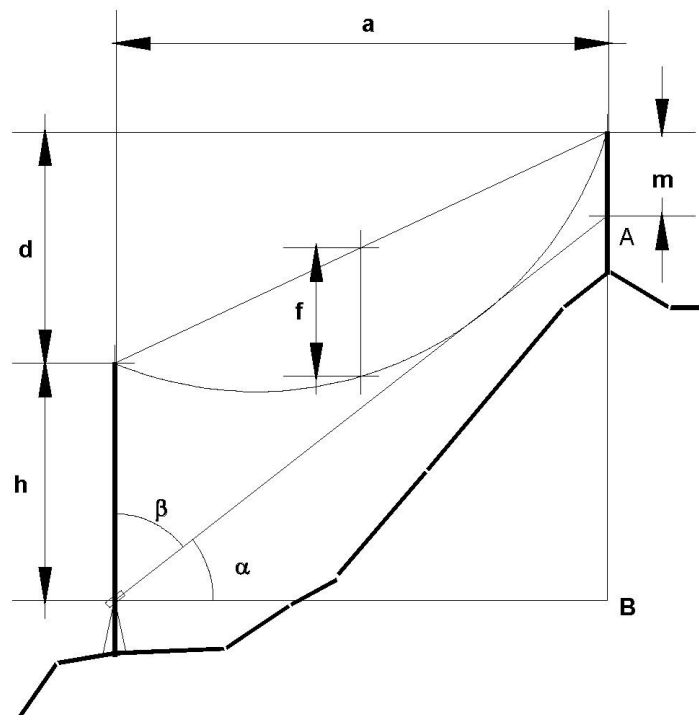


Ilustración 10 Figura P.C. n°4

El ángulo  $\beta$  a marcar con aparatos topográficos cuyo origen de ángulos, esté en la vertical ascendente será:

$$\beta = 100 - \alpha \text{ (cuidando el poner el valor de } \alpha \text{ con el signo obtenido)}$$

### 7.1.13 Engrapado de los conductores

Durante las operaciones de engrapado, se tomarán precauciones para evitar el uso de herramientas que puedan dañar los conductores.

Las cadenas de suspensión y cruce se ajustarán cuidadosamente antes de proceder al engrapado. Si en el proceso de engrapado es necesario desplazar la grapa sobre el conductor para lograr el ajuste de las cadenas, este desplazamiento no se realizará mediante golpes de martillo u otra herramienta. En su lugar, se suspenderá el conductor, se liberará la grapa y se correrá manualmente hasta la posición requerida. Para suspender el cable, se pueden emplear cuerdas que no dañen al conductor.

Se prestará una atención especial al montaje adecuado de los puentes flojos en los apoyos de amarre, verificando la distancia entre el conductor y la masa, especialmente si el apoyo es de tipo angular.

Al completar el proceso de regulado, el contratista proporcionará al técnico encargado de la obra un informe que detalle los vanos en los que se realizó la medición de las flechas. Este informe incluirá el valor de la flecha y la temperatura en la que se llevó a cabo la regulación.

#### *7.1.14 Reclamaciones de propietarios*

D Es crucial para el desarrollo exitoso de la construcción de líneas eléctricas evitar quejas o reclamaciones de los propietarios. Por esta razón, se presenta aquí el enfoque que el personal del Contratista debe adoptar al interactuar con los propietarios:

- El personal debe abordar las reclamaciones con una actitud respetuosa y genuino interés por comprender en detalle el motivo de la reclamación.
- Deben comunicar al propietario que su queja será transmitida con urgencia a Eléctrica y que la compañía se pondrá en contacto con él para buscar una solución.
- Es responsabilidad del personal del Contratista solicitar al propietario una forma de contacto a través de la cual la compañía pueda comunicarse con él.

La persona del Contratista que reciba una queja por parte de un propietario debe informar al técnico encargado de la obra lo más pronto posible.

Independientemente de la presencia de quejas por parte de los propietarios, en caso de ocasionar daños en propiedades (como daños a cultivos, rotura de ramas o árboles, daños a terrenos sembrados, etc.), ya sean propiedades de organismos oficiales o particulares, el Contratista deberá comunicar inmediatamente al técnico encargado de la obra la naturaleza y alcance de los daños, independientemente de si el daño fue evitable o no.

El Contratista tiene la obligación de dejar la zona donde se instale la línea completamente limpia y sin rastros de la obra que puedan molestar a los propietarios de los terrenos. Si se desmonta una línea existente, se deberán demoler las bases de los apoyos hasta una profundidad de 0,5 metros por debajo de la superficie del terreno. Además, en caso de

desmontar líneas de madera, se retirarán las zancas de hormigón. En ambos casos, los materiales de desmonte, como hormigón y bases, se retirarán y desecharán en vertederos autorizados.



# **8 MEDICIONES Y PRESUPUESTO**

| MEDICIONES |                                           |        |          |
|------------|-------------------------------------------|--------|----------|
| Código     | Descripción                               | Unidad | Cantidad |
| AP01       | Andel Serie C C-500 de 16 m               | Ud     | 1        |
| AP02       | Andel Serie C C-1000 de 14 m              | Ud     | 1        |
| AP03       | Andel Serie C C-1000 de 16 m              | Ud     | 3        |
| AP04       | Andel Serie C C-1000 de 18 m              | Ud     | 3        |
| AP05       | Andel Serie C C-1000 de 20 m              | Ud     | 5        |
| AP06       | Andel Serie C C-1000 de 22 m              | Ud     | 4        |
| AP07       | Andel Serie C C-1000 de 24 m              | Ud     | 3        |
| AP08       | Andel Serie C C-1000 de 26 m              | Ud     | 3        |
| AP09       | Andel Serie C C-1000 de 28 m              | Ud     | 3        |
| AP10       | Andel Serie C C-1000 de 30 m              | Ud     | 1        |
| AP11       | Andel Serie C C-2000 de 24 m              | Ud     | 1        |
| AP12       | Andel Serie C C-3000 de 16 m              | Ud     | 1        |
| AP13       | Andel Serie C C-3000 de 20 m              | Ud     | 2        |
| AP14       | Andel Serie C C-4500 de 20 m              | Ud     | 3        |
| AP15       | Andel Serie C C-7000 de 20 m              | Ud     | 2        |
| AP16       | Andel Serie C C-7000 de 18 m              | Ud     | 1        |
| CO01       | Conductor LA-110                          | kg     | 15480,75 |
| CA01       | LA110-20kV-ANC-SIM-POL                    | Ud     | 11       |
| CA02       | LA110-20kV-SUS-SIM-POL                    | Ud     | 24       |
| CA03       | LA110-20kV-ANC-DOB-POL                    | Ud     | 1        |
| CA04       | LA110-20kV-SUS-DOB-POL                    | Ud     | 1        |
| AR01       | Armado tresbolillo TB-12                  | Ud     | 25       |
| AR02       | Armado tresbolillo TB-18                  | Ud     | 7        |
| AR03       | Armado tresbolillo TB-24                  | Ud     | 5        |
| TT01       | Toma de tierra apoyos no frecuentados     | Ud     | 37       |
| CH01       | Excavación para cimentación de apoyos     | m^3    | 197,12   |
| CH02       | Excavación para CTCBP                     | m^3    | 2        |
| CT01       | Centro transformación compacto bajo poste | Ud     | 1        |
| CT02       | Tierra exterior de protección del CTCBP   | Ud     | 1        |
| CT03       | Tierra exterior de servicio del CTCBP     | Ud     | 1        |
| CT04       | Tierra interior de protección del CTCBP   | Ud     | 1        |
| CT05       | Tierra interior de servicio del CTCBP     | Ud     | 1        |

| CUADRO DE PRECIOS SIMPLES |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                |            |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------|
| Código                    | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Unidad         | Precio (€) |
| AP01                      | Andel Serie C C-500 de 16 m                                                                                                                                                                                                                                                                               | Ud             | 620        |
| AP02                      | Andel Serie C C-1000 de 14 m                                                                                                                                                                                                                                                                              | Ud             | 825        |
| AP03                      | Andel Serie C C-1000 de 16 m                                                                                                                                                                                                                                                                              | Ud             | 990        |
| AP04                      | Andel Serie C C-1000 de 18 m                                                                                                                                                                                                                                                                              | Ud             | 1170       |
| AP05                      | Andel Serie C C-1000 de 20 m                                                                                                                                                                                                                                                                              | Ud             | 1300       |
| AP06                      | Andel Serie C C-1000 de 22 m                                                                                                                                                                                                                                                                              | Ud             | 1480       |
| AP07                      | Andel Serie C C-1000 de 24 m                                                                                                                                                                                                                                                                              | Ud             | 1500       |
| AP08                      | Andel Serie C C-1000 de 26 m                                                                                                                                                                                                                                                                              | Ud             | 1520       |
| AP09                      | Andel Serie C C-1000 de 28 m                                                                                                                                                                                                                                                                              | Ud             | 1540       |
| AP10                      | Andel Serie C C-1000 de 30 m                                                                                                                                                                                                                                                                              | Ud             | 1560       |
| AP11                      | Andel Serie C C-2000 de 24 m                                                                                                                                                                                                                                                                              | Ud             | 2070       |
| AP12                      | Andel Serie C C-3000 de 16 m                                                                                                                                                                                                                                                                              | Ud             | 1760       |
| AP13                      | Andel Serie C C-3000 de 20 m                                                                                                                                                                                                                                                                              | Ud             | 2320       |
| AP14                      | Andel Serie C C-4500 de 20 m                                                                                                                                                                                                                                                                              | Ud             | 3380       |
| AP15                      | Andel Serie C C-7000 de 18 m                                                                                                                                                                                                                                                                              | Ud             | 4250       |
| AP16                      | Andel Serie C C-7000 de 20 m                                                                                                                                                                                                                                                                              | Ud             | 4560       |
| CO01                      | Conductor LA-110                                                                                                                                                                                                                                                                                          | kg             | 12         |
| CA01                      | Cadena LA110-20kV-ANC-SIM-POL                                                                                                                                                                                                                                                                             | Ud             | 325        |
| CA02                      | Cadena LA110-20kV-SUS-SIM-POL                                                                                                                                                                                                                                                                             | Ud             | 305        |
| CA03                      | Cadena LA110-20kV-ANC-DOB-POL                                                                                                                                                                                                                                                                             | Ud             | 740        |
| CA04                      | Cadena LA110-20kV-SUS-DOB-POL                                                                                                                                                                                                                                                                             | Ud             | 720        |
| AR01                      | Armado tresbolillo TB-12                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Ud             | 200        |
| AR02                      | Armado tresbolillo TB-18                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Ud             | 250        |
| AR03                      | Armado tresbolillo TB-24                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Ud             | 300        |
| PS01                      | Pica de toma de tierra de 2 m                                                                                                                                                                                                                                                                             | Ud             | 23         |
| PS02                      | Conductor de cobre de 50 mm <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                  | ml             | 4          |
| PS03                      | Malla electrosoldada                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Ud             | 16         |
| PS05                      | Hormigón                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | m <sup>3</sup> | 60         |
| PS06                      | Par de guantes aislantes                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Ud             | 35         |
| PS07                      | Extintor de eficacia 89B                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Ud             | 240        |
| PS08                      | Armario primeros auxilios                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Ud             | 200        |
| MO01                      | Oficial montador                                                                                                                                                                                                                                                                                          | h              | 35         |
| MO02                      | Mozo montador                                                                                                                                                                                                                                                                                             | h              | 25         |
| MO03                      | Oficial estructurista                                                                                                                                                                                                                                                                                     | h              | 30         |
| MO04                      | Mozo estructurista                                                                                                                                                                                                                                                                                        | h              | 20         |
| MO05                      | Oficial electricista                                                                                                                                                                                                                                                                                      | h              | 30         |
| MO06                      | Mozo electricista                                                                                                                                                                                                                                                                                         | h              | 20         |
| MQ01                      | Máquina para cimentación                                                                                                                                                                                                                                                                                  | h              | 30         |
| MQ02                      | Grúa para el izado de apoyos                                                                                                                                                                                                                                                                              | h              | 50         |
| OC01                      | Envolvente prefabricada monobloque CTC de hormigón armado                                                                                                                                                                                                                                                 | 1              | 3825       |
| EP01                      | Transformador trifásico reductor de tensión, 100 kVA, 20 kV tensión primaria y 420 V tensión secundaria en vacío. Refrigeración natural éster biodegradable, grupo de conexión YZn11, de tensión de cortocircuito de 4% y regulación primaria de +/-2.5%, +/-5%, +10%. Incluido protección con termómetro | 1              | 11663,75   |
| BT01                      | Interruptor automático BT 160 A, 440 V, aislamiento 10kV, 4 salidas                                                                                                                                                                                                                                       | 1              | 4500       |
| BT02                      | PuentesBT-B2 compuesto por juego puentes de cables BT 0,6/1 kV tipo RZ1 de 1x150Al sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 1xfase + 1xneutro de 2,5 m de longitud.                                                                          | 1              | 1500       |

| Código | Descripción                  | Unidad | Cantidad | Precio | Subtotal |
|--------|------------------------------|--------|----------|--------|----------|
| AP01   | Andel Serie C C-500 de 16 m  | Ud     | 1        | 620    | 620      |
| MO01   | Oficial montador             | h      | 1        | 35     | 35       |
| MO02   | Mozo montador                | h      | 2        | 25     | 50       |
| MQ02   | Grúa para el izado de apoyos | h      | 1        | 50     | 50       |
| Total  |                              |        |          |        | 755      |

| Código | Descripción                  | Unidad | Cantidad | Precio | Subtotal |
|--------|------------------------------|--------|----------|--------|----------|
| AP02   | Andel Serie C C-1000 de 14 m | Ud     | 1        | 825    | 825      |
| MO01   | Oficial montador             | h      | 1        | 35     | 35       |
| MO02   | Mozo montador                | h      | 2        | 25     | 50       |
| MQ02   | Grúa para el izado de apoyos | h      | 1        | 50     | 50       |
| Total  |                              |        |          |        | 960      |

| Código | Descripción                  | Unidad | Cantidad | Precio | Subtotal |
|--------|------------------------------|--------|----------|--------|----------|
| AP03   | Andel Serie C C-1000 de 16 m | Ud     | 1        | 990    | 990      |
| MO01   | Oficial montador             | h      | 1        | 35     | 35       |
| MO02   | Mozo montador                | h      | 2        | 25     | 50       |
| MQ02   | Grúa para el izado de apoyos | h      | 1        | 50     | 50       |
| Total  |                              |        |          |        | 1125     |

| Código | Descripción                  | Unidad | Cantidad | Precio | Subtotal |
|--------|------------------------------|--------|----------|--------|----------|
| AP04   | Andel Serie C C-1000 de 18 m | Ud     | 1        | 1170   | 1170     |
| MO01   | Oficial montador             | h      | 1        | 35     | 35       |
| MO02   | Mozo montador                | h      | 2        | 25     | 50       |
| MQ02   | Grúa para el izado de apoyos | h      | 1        | 50     | 50       |
| Total  |                              |        |          |        | 1305     |

| Código | Descripción                  | Unidad | Cantidad | Precio | Subtotal |
|--------|------------------------------|--------|----------|--------|----------|
| AP05   | Andel Serie C C-1000 de 20 m | Ud     | 1        | 1300   | 1300     |
| MO01   | Oficial montador             | h      | 1        | 35     | 35       |
| MO02   | Mozo montador                | h      | 2        | 25     | 50       |
| MQ02   | Grúa para el izado de apoyos | h      | 1        | 50     | 50       |
| Total  |                              |        |          |        | 1435     |

| Código | Descripción                  | Unidad | Cantidad | Precio | Subtotal |
|--------|------------------------------|--------|----------|--------|----------|
| AP06   | Andel Serie C C-1000 de 22 m | Ud     | 1        | 1480   | 1480     |
| MO01   | Oficial montador             | h      | 1        | 35     | 35       |
| MO02   | Mozo montador                | h      | 2        | 25     | 50       |
| MQ02   | Grúa para el izado de apoyos | h      | 1        | 50     | 50       |
| Total  |                              |        |          |        | 1615     |

| Código | Descripción                  | Unidad | Cantidad | Precio | Subtotal |
|--------|------------------------------|--------|----------|--------|----------|
| AP07   | Andel Serie C C-1000 de 24 m | Ud     | 1        | 1500   | 1500     |
| MO01   | Oficial montador             | h      | 1        | 35     | 35       |
| MO02   | Mozo montador                | h      | 2        | 25     | 50       |
| MQ02   | Grúa para el izado de apoyos | h      | 1        | 50     | 50       |
| Total  |                              |        |          |        | 1635     |

| Código | Descripción                  | Unidad | Cantidad | Precio | Subtotal |
|--------|------------------------------|--------|----------|--------|----------|
| AP08   | Andel Serie C C-1000 de 26 m | Ud     | 1        | 1520   | 1520     |
| MO01   | Oficial montador             | h      | 1        | 35     | 35       |
| MO02   | Mozo montador                | h      | 2        | 25     | 50       |
| MQ02   | Grúa para el izado de apoyos | h      | 1        | 50     | 50       |
| Total  |                              |        |          |        | 1655     |

| Código | Descripción                  | Unidad | Cantidad | Precio | Subtotal |
|--------|------------------------------|--------|----------|--------|----------|
| AP09   | Andel Serie C C-1000 de 28 m | Ud     | 1        | 1540   | 1540     |
| MO01   | Oficial montador             | h      | 1        | 35     | 35       |
| MO02   | Mozo montador                | h      | 2        | 25     | 50       |
| MQ02   | Grúa para el izado de apoyos | h      | 1        | 50     | 50       |
| Total  |                              |        |          |        | 1675     |

| Código | Descripción                  | Unidad | Cantidad | Precio | Subtotal |
|--------|------------------------------|--------|----------|--------|----------|
| AP10   | Andel Serie C C-1000 de 30 m | Ud     | 1        | 1560   | 1560     |
| MO01   | Oficial montador             | h      | 1        | 35     | 35       |
| MO02   | Mozo montador                | h      | 2        | 25     | 50       |
| MQ02   | Grúa para el izado de apoyos | h      | 1        | 50     | 50       |
| Total  |                              |        |          |        | 1695     |

| Código | Descripción                  | Unidad | Cantidad | Precio | Subtotal |
|--------|------------------------------|--------|----------|--------|----------|
| AP11   | Andel Serie C C-2000 de 24 m | Ud     | 1        | 2070   | 2070     |
| MO01   | Oficial montador             | h      | 1        | 35     | 35       |
| MO02   | Mozo montador                | h      | 2        | 25     | 50       |
| MQ02   | Grúa para el izado de apoyos | h      | 1        | 50     | 50       |
| Total  |                              |        |          |        | 2205     |

| Código | Descripción                  | Unidad | Cantidad | Precio | Subtotal |
|--------|------------------------------|--------|----------|--------|----------|
| AP12   | Andel Serie C C-3000 de 16 m | Ud     | 1        | 1760   | 1760     |
| MO01   | Oficial montador             | h      | 1        | 35     | 35       |
| MO02   | Mozo montador                | h      | 2        | 25     | 50       |
| MQ02   | Grúa para el izado de apoyos | h      | 1        | 50     | 50       |
| Total  |                              |        |          |        | 1895     |

| Código | Descripción                  | Unidad | Cantidad | Precio | Subtotal |
|--------|------------------------------|--------|----------|--------|----------|
| AP13   | Andel Serie C C-3000 de 20 m | Ud     | 1        | 2320   | 2320     |
| MO01   | Oficial montador             | h      | 1        | 35     | 35       |
| MO02   | Mozo montador                | h      | 2        | 25     | 50       |
| MQ02   | Grúa para el izado de apoyos | h      | 1        | 50     | 50       |
| Total  |                              |        |          |        | 2455     |

| Código | Descripción                  | Unidad | Cantidad | Precio | Subtotal |
|--------|------------------------------|--------|----------|--------|----------|
| AP14   | Andel Serie C C-4500 de 20 m | Ud     | 1        | 3380   | 3380     |
| MO01   | Oficial montador             | h      | 1        | 35     | 35       |
| MO02   | Mozo montador                | h      | 2        | 25     | 50       |
| MQ02   | Grúa para el izado de apoyos | h      | 1        | 50     | 50       |
| Total  |                              |        |          |        | 3515     |

| Código | Descripción                  | Unidad | Cantidad | Precio | Subtotal |
|--------|------------------------------|--------|----------|--------|----------|
| AP15   | Andel Serie C C-7000 de 18 m | Ud     | 1        | 4250   | 4250     |
| MO01   | Oficial montador             | h      | 1        | 35     | 35       |
| MO02   | Mozo montador                | h      | 2        | 25     | 50       |
| MQ02   | Grúa para el izado de apoyos | h      | 1        | 50     | 50       |
| Total  |                              |        |          |        | 4385     |

| Código | Descripción                  | Unidad | Cantidad | Precio | Subtotal |
|--------|------------------------------|--------|----------|--------|----------|
| AP16   | Andel Serie C C-7000 de 20 m | Ud     | 1        | 4560   | 4560     |
| MO01   | Oficial montador             | h      | 1        | 35     | 35       |
| MO02   | Mozo montador                | h      | 2        | 25     | 50       |
| MQ02   | Grúa para el izado de apoyos | h      | 1        | 50     | 50       |
| Total  |                              |        |          |        | 4695     |

| Código | Descripción                  | Unidad | Cantidad | Precio | Subtotal |
|--------|------------------------------|--------|----------|--------|----------|
| CO01   | Conductor LA-110             | kg     | 1        | 12     | 12       |
| MO05   | Oficial electricista         | h      | 0,15     | 30     | 4,5      |
| MO06   | Mozo electricista            | h      | 0,15     | 20     | 3        |
| MQ02   | Grúa para el izado de apoyos | h      | 0,15     | 50     | 7,5      |
| Total  |                              |        |          |        | 27       |

| Código | Descripción                  | Unidad | Cantidad | Precio | Subtotal |
|--------|------------------------------|--------|----------|--------|----------|
| CA01   | LA110-20kV-ANC-SIM-POL       | Ud     | 1        | 325    | 325      |
| MO05   | Oficial electricista         | h      | 0,15     | 30     | 4,5      |
| MO06   | Mozo electricista            | h      | 0,15     | 20     | 3        |
| MQ02   | Grúa para el izado de apoyos | h      | 0,15     | 50     | 7,5      |
| Total  |                              |        |          |        | 340      |

| Código | Descripción                  | Unidad | Cantidad | Precio | Subtotal |
|--------|------------------------------|--------|----------|--------|----------|
| CA02   | LA110-20kV-SUS-SIM-POL       | Ud     | 1        | 305    | 305      |
| MO05   | Oficial electricista         | h      | 0,15     | 30     | 4,5      |
| MO06   | Mozo electricista            | h      | 0,15     | 20     | 3        |
| MQ02   | Grúa para el izado de apoyos | h      | 0,15     | 50     | 7,5      |
| Total  |                              |        |          |        | 320      |

| Código | Descripción                  | Unidad | Cantidad | Precio | Subtotal |
|--------|------------------------------|--------|----------|--------|----------|
| CA03   | LA110-20kV-ANC-DOB-POL       | Ud     | 1        | 740    | 740      |
| MO05   | Oficial electricista         | h      | 0,15     | 30     | 4,5      |
| MO06   | Mozo electricista            | h      | 0,15     | 20     | 3        |
| MQ02   | Grúa para el izado de apoyos | h      | 0,15     | 50     | 7,5      |
| Total  |                              |        |          |        | 755      |

| Código | Descripción                  | Unidad | Cantidad | Precio | Subtotal |
|--------|------------------------------|--------|----------|--------|----------|
| CA04   | LA110-20kV-SUS-DOB-POL       | Ud     | 1        | 720    | 720      |
| MO05   | Oficial electricista         | h      | 0,15     | 30     | 4,5      |
| MO06   | Mozo electricista            | h      | 0,15     | 20     | 3        |
| MQ02   | Grúa para el izado de apoyos | h      | 0,15     | 50     | 7,5      |
| Total  |                              |        |          |        | 735      |

| Código | Descripción                 | Unidad | Cantidad | Precio | Subtotal |
|--------|-----------------------------|--------|----------|--------|----------|
| CH01   | Excavación para cimentación | m3     | 1        |        |          |
| MO03   | Oficial estructurista       | h      | 0,2      | 30     | 6        |
| MO04   | Mozo estructurista          | h      | 0,2      | 20     | 4        |
| MQ01   | Máquina para cimentación    | h      | 0,2      | 30     | 6        |
| Total  |                             |        |          |        | 16       |

| Código | Descripción                  | Unidad | Cantidad | Precio | Subtotal |
|--------|------------------------------|--------|----------|--------|----------|
| CH02   | Hormigonado para cimentación | m3     | 1        |        |          |
| PS05   | Hormigón                     | m3     | 1        | 60     | 60       |
| MO03   | Oficial estructurista        | h      | 0,2      | 30     | 6        |
| MO04   | Mozo estructurista           | h      | 0,2      | 20     | 4        |
| MQ01   | Máquina para cimentación     | h      | 0,2      | 30     | 6        |
| Total  |                              |        |          |        | 76       |

| Código | Descripción                  | Unidad | Cantidad | Precio | Subtotal |
|--------|------------------------------|--------|----------|--------|----------|
| AR01   | Armado tresbolillo TB-12     | Ud     | 1        | 200    | 200      |
| MO01   | Oficial montador             | h      | 1,5      | 35     | 52,5     |
| MO02   | Mozo montador                | h      | 3        | 25     | 75       |
| MQ02   | Grúa para el izado de apoyos | h      | 1,5      | 50     | 75       |
| Total  |                              |        |          |        | 402,5    |

| Código | Descripción                  | Unidad | Cantidad | Precio | Subtotal |
|--------|------------------------------|--------|----------|--------|----------|
| AR02   | Armado tresbolillo TB-18     | Ud     | 1        | 250    | 250      |
| MO01   | Oficial montador             | h      | 1,5      | 35     | 52,5     |
| MO02   | Mozo montador                | h      | 3        | 25     | 75       |
| MQ02   | Grúa para el izado de apoyos | h      | 1,5      | 50     | 75       |
| Total  |                              |        |          |        | 452,5    |

| Código | Descripción                  | Unidad | Cantidad | Precio | Subtotal |
|--------|------------------------------|--------|----------|--------|----------|
| AR03   | Armado tresbolillo TB-24     | Ud     | 1        | 300    | 300      |
| MO01   | Oficial montador             | h      | 1,5      | 35     | 52,5     |
| MO02   | Mozo montador                | h      | 3        | 25     | 75       |
| MQ02   | Grúa para el izado de apoyos | h      | 1,5      | 50     | 75       |
| Total  |                              |        |          |        | 502,5    |

| Código | Descripción                          | Unidad | Cantidad | Precio | Subtotal |
|--------|--------------------------------------|--------|----------|--------|----------|
| TT01   | Toma de tierra apoyo no frecuentados | Ud     | 1        |        |          |
| PS01   | Pica de toma de tierra de 2 m        | Ud     | 4        | 23     | 92       |
| PS02   | Conductor de cobre de 50 mm2         | ml     | 4        | 4      | 16       |
| PS03   | Malla electrosoldada                 | Ud     | 1        | 16     | 16       |
| MO01   | Oficial montador                     | h      | 0,3      | 35     | 10,5     |
| MO02   | Mozo montador                        | h      | 0,3      | 25     | 7,5      |
| Total  |                                      |        |          |        | 142      |

| Código | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Unidad | Cantidad | Precio       | Subtotal        |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------|--------------|-----------------|
| CT01   | Centro transformación compacto bajo poste                                                                                                                                                                                                                                                                   | Ud     | 1        |              |                 |
| OC01   | Envolvente prefabricada monobloque CTC de hormigón armado                                                                                                                                                                                                                                                   | Ud     | 1        | 3825         | 3825            |
| EP01   | Transformador trifásico reductor de tensión, 100 kVA, 20 kV tensión primaria y 420 V tensión secundaria en vacío. Refrigeración natural éster biodegradable, grupo de conexión YZn11, de tensión de cortocircuito de 4% y regulación primaria de +/- 2.5%, +/- 5%, +10%. Incluido protección con termómetro | Ud     | 1        | 11663,75     | 11663,75        |
| BT01   | Interruptor automático BT 160 A, 440 V, aislamiento 10kV, 4 salidas                                                                                                                                                                                                                                         | Ud     | 1        | 4500         | 4500            |
| BT02   | PuentesBT-B2 compuesto por juego puentes de cables BT 0,6/1 kV tipo RZ1 de 1x150Al sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 1xfase + 1xneutro de 2,5 m de longitud.                                                                            | Ud     | 1        | 1500         | 1500            |
| PS06   | Par de guantes aislantes                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Ud     | 1        | 35           | 35              |
| PS07   | Extintor de eficacia 89B                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Ud     | 1        | 240          | 240             |
| PS08   | Armario primeros auxilios                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Ud     | 1        | 200          | 200             |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |        |          | <b>Total</b> | <b>21963,75</b> |

| Código | Descripción                             | Unidad | Cantidad | Precio       | Subtotal   |
|--------|-----------------------------------------|--------|----------|--------------|------------|
| CT02   | Tierra exterior de protección del CTCBP | Ud     | 1        |              |            |
| PS01   | Pica de toma de tierra de 2 m           | Ud     | 4        | 23           | 92         |
| PS02   | Conductor de cobre de 50 mm2            | ml     | 10       | 4            | 40         |
| MO01   | Oficial montador                        | h      | 0,3      | 35           | 10,5       |
| MO02   | Mozo montador                           | h      | 0,3      | 25           | 7,5        |
|        |                                         |        |          | <b>Total</b> | <b>150</b> |

| Código | Descripción                           | Unidad | Cantidad | Precio       | Subtotal   |
|--------|---------------------------------------|--------|----------|--------------|------------|
| CT03   | Tierra exterior de servicio del CTCBP | Ud     | 1        |              |            |
| PS01   | Pica de toma de tierra de 2 m         | Ud     | 4        | 23           | 92         |
| PS02   | Conductor de cobre de 50 mm2          | ml     | 12       | 4            | 48         |
| MO01   | Oficial montador                      | h      | 0,3      | 35           | 10,5       |
| MO02   | Mozo montador                         | h      | 0,3      | 25           | 7,5        |
|        |                                       |        |          | <b>Total</b> | <b>158</b> |

| Código | Descripción                             | Unidad | Cantidad | Precio       | Subtotal   |
|--------|-----------------------------------------|--------|----------|--------------|------------|
| CT04   | Tierra interior de protección del CTCBP | Ud     | 1        |              |            |
| PS01   | Pica de toma de tierra de 2 m           | Ud     | 4        | 23           | 92         |
| PS02   | Conductor de cobre de 50 mm2            | ml     | 4        | 4            | 16         |
| MO01   | Oficial montador                        | h      | 0,3      | 35           | 10,5       |
| MO02   | Mozo montador                           | h      | 0,3      | 25           | 7,5        |
|        |                                         |        |          | <b>Total</b> | <b>126</b> |



| Código | Descripción                           | Unidad | Cantidad | Precio | Subtotal |
|--------|---------------------------------------|--------|----------|--------|----------|
| CT05   | Tierra exterior de servicio del CTCBP | Ud     | 1        |        |          |
| PS01   | Pica de toma de tierra de 2 m         | Ud     | 4        | 23     | 92       |
| PS02   | Conductor de cobre de 50 mm2          | ml     | 4        | 4      | 16       |
| MO01   | Oficial montador                      | h      | 0,3      | 35     | 10,5     |
| MO02   | Mozo montador                         | h      | 0,3      | 25     | 7,5      |
|        |                                       |        |          | Total  | 126      |

| Código | Descripción              | Unidad | Cantidad | Precio | Subtotal |
|--------|--------------------------|--------|----------|--------|----------|
| CH02   | Excavación para CTCBP    | m^3    | 1        |        |          |
| MO03   | Oficial estructurista    | h      | 0,2      | 30     | 6        |
| MO04   | Mozo estructurista       | h      | 0,2      | 20     | 4        |
| MQ01   | Máquina para cimentación | h      | 0,2      | 30     | 6        |
|        |                          |        |          | Total  | 16       |

| PRESUPUESTO TOTAL DE LA LÍNEA |                                       |        |          |              |                  |
|-------------------------------|---------------------------------------|--------|----------|--------------|------------------|
| Código                        | Descripción                           | Unidad | Cantidad | Precio (€)   | Subtotal (€)     |
| CH01                          | Excavación para cimentación de apoyos | m^3    | 197,12   | 16           | 3153,92          |
| AP01                          | Andel Serie C C-500 de 16 m           | Ud     | 1        | 755          | 755              |
| AP02                          | Andel Serie C C-1000 de 14 m          | Ud     | 1        | 960          | 960              |
| AP03                          | Andel Serie C C-1000 de 16 m          | Ud     | 3        | 1125         | 3375             |
| AP04                          | Andel Serie C C-1000 de 18 m          | Ud     | 3        | 1305         | 3915             |
| AP05                          | Andel Serie C C-1000 de 20 m          | Ud     | 5        | 1435         | 7175             |
| AP06                          | Andel Serie C C-1000 de 22 m          | Ud     | 4        | 1615         | 6460             |
| AP07                          | Andel Serie C C-1000 de 24 m          | Ud     | 3        | 1635         | 4905             |
| AP08                          | Andel Serie C C-1000 de 26 m          | Ud     | 3        | 1655         | 4965             |
| AP09                          | Andel Serie C C-1000 de 28 m          | Ud     | 3        | 1675         | 5025             |
| AP10                          | Andel Serie C C-1000 de 30 m          | Ud     | 1        | 1695         | 1695             |
| AP11                          | Andel Serie C C-2000 de 24 m          | Ud     | 1        | 2205         | 2205             |
| AP12                          | Andel Serie C C-3000 de 16 m          | Ud     | 1        | 1895         | 1895             |
| AP13                          | Andel Serie C C-3000 de 20 m          | Ud     | 2        | 2455         | 4910             |
| AP14                          | Andel Serie C C-4500 de 20 m          | Ud     | 3        | 3515         | 10545            |
| AP15                          | Andel Serie C C-7000 de 20 m          | Ud     | 2        | 4385         | 8770             |
| AP16                          | Andel Serie C C-7000 de 18 m          | Ud     | 1        | 4695         | 4695             |
| CO01                          | Conductor LA-110                      | kg     | 15480,75 | 27           | 417980,25        |
| CA01                          | LA110-20kV-ANC-SIM-POL                | Ud     | 11       | 340          | 3740             |
| CA02                          | LA110-20kV-SUS-SIM-POL                | Ud     | 24       | 320          | 7680             |
| CA03                          | LA110-20kV-ANC-DOB-POL                | Ud     | 1        | 755          | 755              |
| CA04                          | LA110-20kV-SUS-DOB-POL                | Ud     | 1        | 735          | 735              |
| AR01                          | Armado tresbolillo TB-12              | Ud     | 25       | 402,5        | 10062,5          |
| AR02                          | Armado tresbolillo TB-18              | Ud     | 7        | 452,5        | 3167,5           |
| AR03                          | Armado tresbolillo TB-24              | Ud     | 5        | 502,5        | 2512,5           |
| TT01                          | Toma de tierra apoyos no frecuentados | Ud     | 37       | 142          | 5254             |
|                               |                                       |        |          | <b>Total</b> | <b>527290,67</b> |

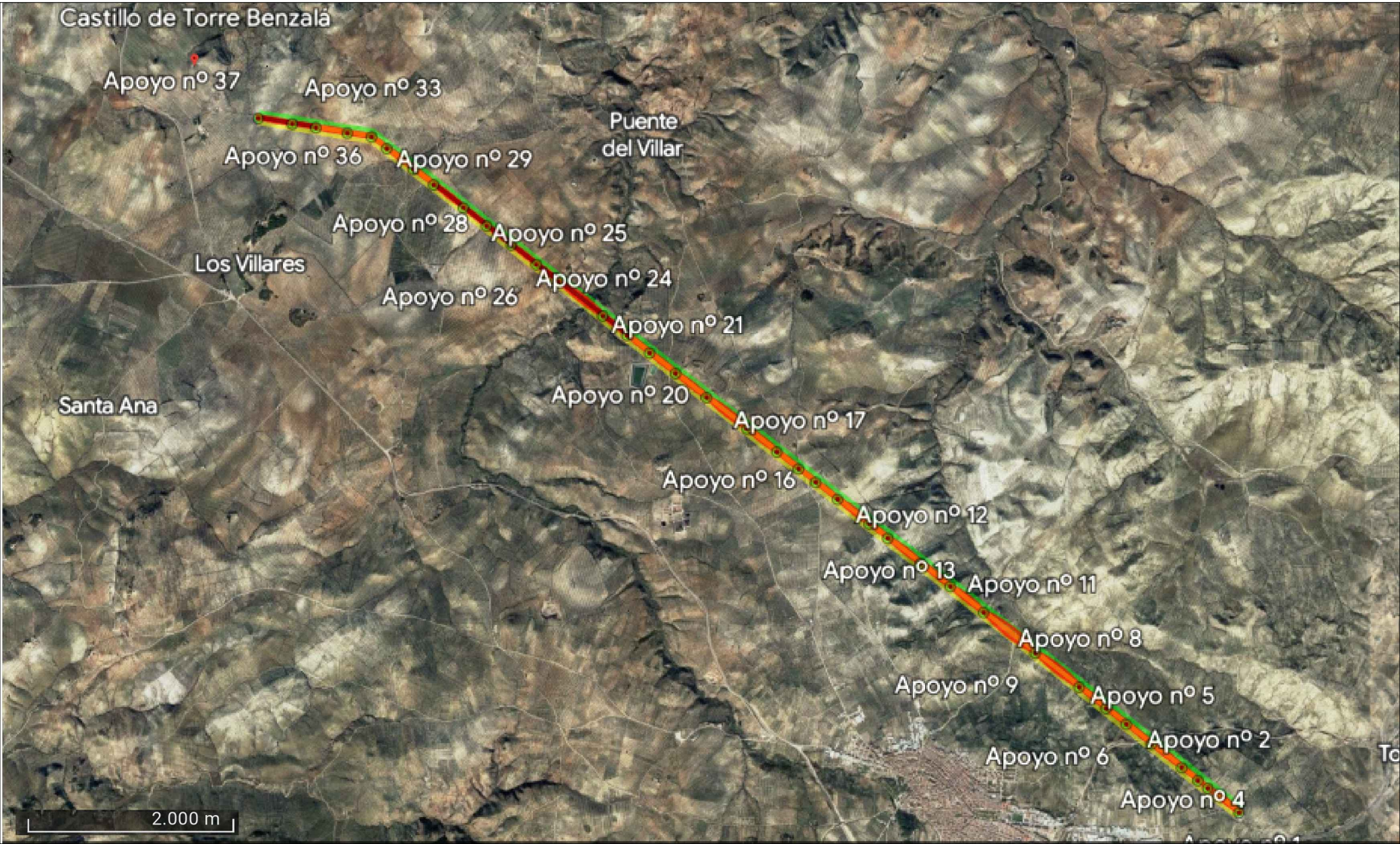
| PRESUPUESTO TOTAL DEL CENTRO |                                           |        |          |              |                 |
|------------------------------|-------------------------------------------|--------|----------|--------------|-----------------|
| Código                       | Descripción                               | Unidad | Cantidad | Precio (€)   | Subtotal (€)    |
| CH01                         | Excavación para CTCBP                     | m^3    | 2        | 16           | 32              |
| CT01                         | Centro transformación compacto bajo poste | Ud     | 1        | 21963,75     | 21963,75        |
| CT02                         | Tierra exterior de protección del CTCBP   | Ud     | 1        | 150          | 150             |
| CT03                         | Tierra exterior de servicio del CTCBP     | Ud     | 1        | 158          | 158             |
| CT04                         | Tierra interior de protección del CTCBP   | Ud     | 1        | 126          | 126             |
| CT05                         | Tierra interior de servicio del CTCBP     | Ud     | 1        | 126          | 126             |
|                              |                                           |        |          | <b>Total</b> | <b>22555,75</b> |

| PRESUPUESTO TOTAL PROYECTO |                   |
|----------------------------|-------------------|
| CONCEPTO                   | TOTAL (€)         |
| Presupuesto Línea          | 527290,67         |
| Presupuesto CTCBP          | 22555,75          |
| <b>TOTAL</b>               | <b>549846,42</b>  |
| <b>TOTAL (21% I.V.A.)</b>  | <b>665314,168</b> |

El precio total del proyecto es de SEISCIENTOS SESENTA Y CINCO MIL TRESCIENTOS CATORCE EUROS CON DIECISIETE CÉNTIMOS.

# 9 PLANOS





|                    |                                                                                                                            |        |       |                                            |  |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------------------------------------|--|
|                    | FECHA                                                                                                                      | NOMBRE | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA<br>SUPERIOR<br>LINARES |  |
| DIBUJADO           | 25/08/23                                                                                                                   | M.R.C. |       |                                            |  |
| COMPROBADO         |                                                                                                                            |        |       |                                            |  |
| ESCALA:<br>1:50000 | Línea eléctrica de media tensión y centro de transformación<br>para suministro al Castillo Torre Benzalá en Torredonjimeno |        |       | Nº PLANO<br>1                              |  |
|                    | SITUACIÓN                                                                                                                  |        |       | SUSTITUYE A:                               |  |
|                    |                                                                                                                            |        |       | SUSTITUIDO POR:                            |  |

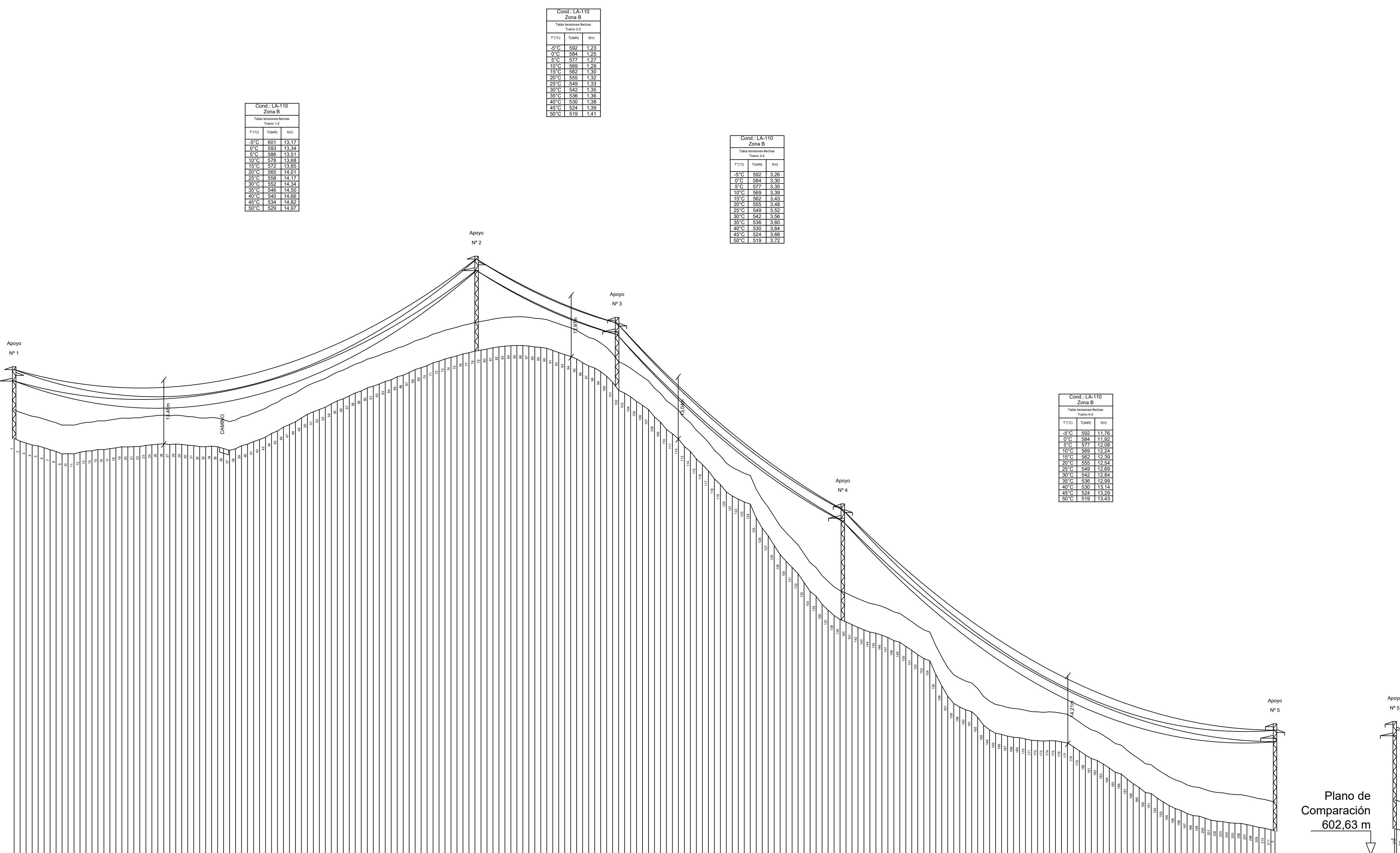
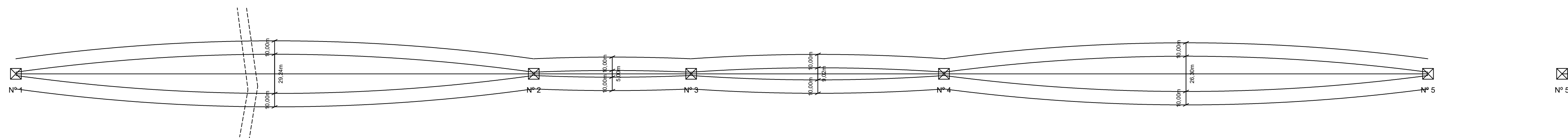




|                   |                                                                                                                            |        |       |                                            |                 |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------------------------------------|-----------------|
|                   | FECHA                                                                                                                      | NOMBRE | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA<br>SUPERIOR<br>LINARES |                 |
| DIBUJADO          | 25/08/23                                                                                                                   | M.R.C. |       |                                            |                 |
| COMPROBADO        |                                                                                                                            |        |       |                                            |                 |
| ESCALA:<br>1:5000 | Línea eléctrica de media tensión y centro de transformación<br>para suministro al Castillo Torre Benzalá en Torredonjimeno |        |       |                                            | Nº PLANO<br>2   |
|                   | EMPLAZAMIENTO MUSEO                                                                                                        |        |       |                                            | SUSTITUYE A:    |
|                   |                                                                                                                            |        |       |                                            | SUSTITUIDO POR: |



# Planta



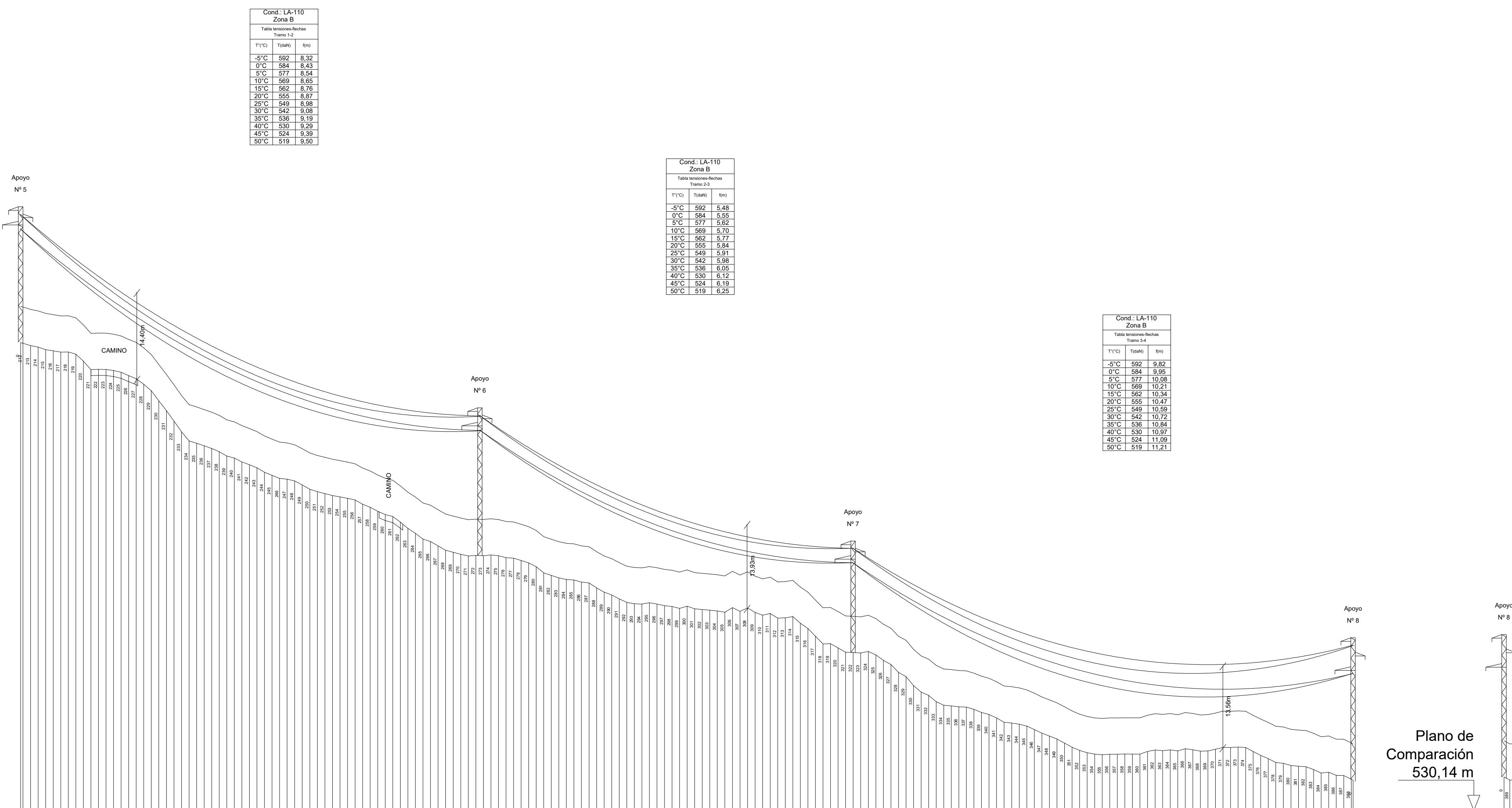
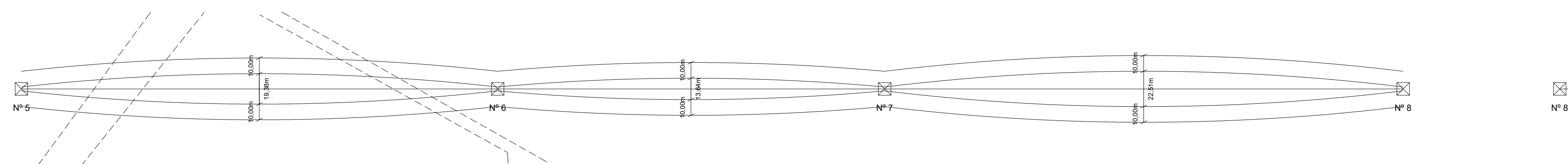
## Perfil

| Estaciones y punto kilométrico  |           | km nº 1               |  | km nº 1        |  | Estaciones y punto kilométrico  |            |
|---------------------------------|-----------|-----------------------|--|----------------|--|---------------------------------|------------|
| Distancias                      | Parciales |                       |  |                |  | Parciales                       | Distancias |
|                                 | Al origen |                       |  |                |  | Al origen                       |            |
| Cotas del terreno               |           |                       |  |                |  | Cotas del terreno               |            |
| Num. y longitud de las parcelas |           |                       |  |                |  | Num. y longitud de las parcelas |            |
| Número                          |           | Nº 1                  |  | Nº 4           |  | Número                          |            |
| Ángulo                          |           | --                    |  | --             |  | Ángulo                          |            |
| Referencia del apoyo            |           | C-7000-18             |  | C-1000-26      |  | Referencia del apoyo            |            |
| Función                         |           | P.Línea               |  | Ali-Suspensión |  | Función                         |            |
| Montaje                         |           | Tresbolillo           |  | Tresbolillo    |  | Montaje                         |            |
| Separación de fases             |           | 2.40                  |  | 2.40           |  | Separación de fases             |            |
| Tipo armado                     |           | TB-12-ATC-12          |  | TB-12-ATC-12   |  | Tipo armado                     |            |
| Altura útil cruceta inferior    |           | 11.88 m               |  | 20.77 m        |  | Altura útil cruceta inferior    |            |
| Tipo de cimentación             |           | Monobloque (8)        |  | Monobloque (8) |  | Tipo de cimentación             |            |
| Lado                            |           | 1.85 m                |  | 1.65 m         |  | Lado                            |            |
| Profundidad                     |           | 3.02 m                |  | 2.22 m         |  | Profundidad                     |            |
| Excavación                      |           | 10.34 m³              |  | 6.07 m³        |  | Excavación                      |            |
| Hormigonado                     |           | 11.02 m³              |  | 6.62 m³        |  | Hormigonado                     |            |
| Número                          |           | Nº 1                  |  | Nº 4           |  | Número                          |            |
| Longitud                        |           | 386.36 m              |  | 361.08 m       |  | Longitud                        |            |
| Desnivel                        |           | 23.22 m               |  | -35.56 m       |  | Desnivel                        |            |
| Número                          |           | Nº 1                  |  | Nº 1           |  | Número                          |            |
| Cons. de catenaria y longitud   |           | K=1247 a 9°CH+1.386 m |  |                |  | Cons. de catenaria y longitud   |            |
| Apoyo inicial y final           |           | Nº 1 - Nº 2           |  |                |  | Apoyo inicial y final           |            |

|                                |  |                                                                                                                            |  |                                            |  |
|--------------------------------|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------|--|
| FECHA                          |  | NOMBRE                                                                                                                     |  | ESCUELA POLITÉCNICA<br>SUPERIOR<br>LINARES |  |
| 25/08/23                       |  | M. R. C.                                                                                                                   |  |                                            |  |
| COMPROBADO                     |  |                                                                                                                            |  |                                            |  |
| ESCALA:<br>H 1:2000<br>V 1:500 |  | Línea eléctrica de media tensión y centro de transformación<br>para suministro al Castillo Torre Benzála en Torredonjimeno |  |                                            |  |
| PERFIL DE LA LÍNEA             |  |                                                                                                                            |  |                                            |  |
|                                |  |                                                                                                                            |  | Nº PLANO<br>3.1                            |  |
|                                |  |                                                                                                                            |  | SUSTITUYE A:                               |  |
|                                |  |                                                                                                                            |  | SUSTITUIDO POR:                            |  |



# Planta



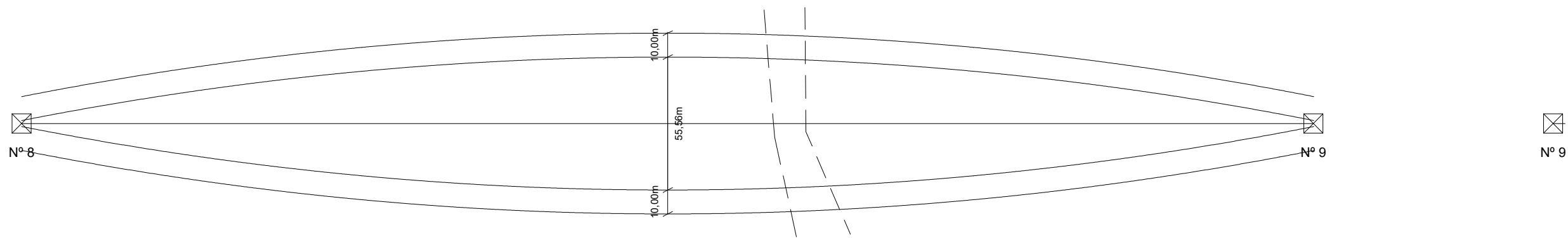
## Perfil

| Estaciones y punto kilométrico  |                | Estaciones y punto kilométrico  |                | Estaciones y punto kilométrico  |                               |
|---------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Distancias                      | Parciales      | Al origen                       | Al origen      | Parciales                       | Distancias                    |
|                                 | Al origen      |                                 |                |                                 |                               |
| Cotas del terreno               |                | Cotas del terreno               |                | Cotas del terreno               |                               |
| Num. y longitud de las parcelas |                | Num. y longitud de las parcelas |                | Num. y longitud de las parcelas |                               |
| Número                          | Nº 5           | Nº 6                            | Nº 7           | Nº 8                            | Nº 8                          |
| Ángulo                          | --             | --                              | --             | --                              | Ángulo                        |
| Referencia del apoyo            | C-7000-19      | C-1000-22                       | C-5000-16      | C-1000-26                       | Tipo                          |
| Función                         | Ali-Suspensión | Ali-Suspensión                  | Ali-Suspensión | Ali-Suspensión                  | Función                       |
| Montaje                         | Tresbolillo    | Tresbolillo                     | Tresbolillo    | Tresbolillo                     | Montaje                       |
| Separación de fases             | 2,40           | 2,40                            | 2,40           | 2,40                            | Separación de fases           |
| Tipo armado                     | TB-12-ATC-12   | TB-12-ATC-12                    | TB-12-ATC-12   | TB-12-ATC-12                    | Tipo armado                   |
| Altura útil cruceta inferior    | 11,98 m        | 16,78 m                         | 11,22 m        | 20,77 m                         | Altura útil cruceta inferior  |
| Tipo de cimentación             | Monobloque (8) | Monobloque (8)                  | Monobloque (8) | Monobloque (8)                  | Tipo de cadena-elementos      |
| Lado                            | 1,85 m         | 1,45 m                          | 1,20 m         | 1,65 m                          | Lado                          |
| Profundidad                     | 3,02 m         | 2,22 m                          | 1,78 m         | 2,23 m                          | Profundidad                   |
| Excavación                      | 10,34 m³       | 4,67 m³                         | 2,56 m³        | 6,07 m³                         | Excavación                    |
| Hormigonado                     | 11,02 m³       | 5,09 m³                         | 2,85 m³        | 6,62 m³                         | Hormigonado                   |
| Número                          | Nº 1           | Nº 2                            | Nº 3           | Nº 3                            | Número                        |
| Longitud                        | 304,28 m       | 247,19 m                        |                | 331,26 m                        | Longitud                      |
| Desnivel                        | -33,32 m       | -21,44 m                        |                | -17,89 m                        | Desnivel                      |
| Número                          |                |                                 |                |                                 | Número                        |
| Cons. de catenaria y longitud   |                |                                 |                |                                 | Cons. de catenaria y longitud |
| Apoyo inicial y final           |                |                                 |                |                                 | Apoyo inicial y final         |

|                                |                                                                                                                         |          |       |                                            |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------|--------------------------------------------|
| DIBUJADO                       | FECHA                                                                                                                   | NOMBRE   | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA<br>SUPERIOR<br>LINARES |
| COMPROBADO                     | 25/08/23                                                                                                                | M. R. C. |       |                                            |
|                                |                                                                                                                         |          |       |                                            |
| ESCALA:<br>H 1:2000<br>V 1:500 | Línea eléctrica de media tensión y centro de transformación para suministro al Castillo Torre Benzála en Torredonjimeno |          |       | Nº PLANO<br><b>3.2</b>                     |
| PERFIL DE LA LÍNEA             |                                                                                                                         |          |       | SUSTITUYE A:                               |
|                                |                                                                                                                         |          |       | SUSTITUIDO POR:                            |

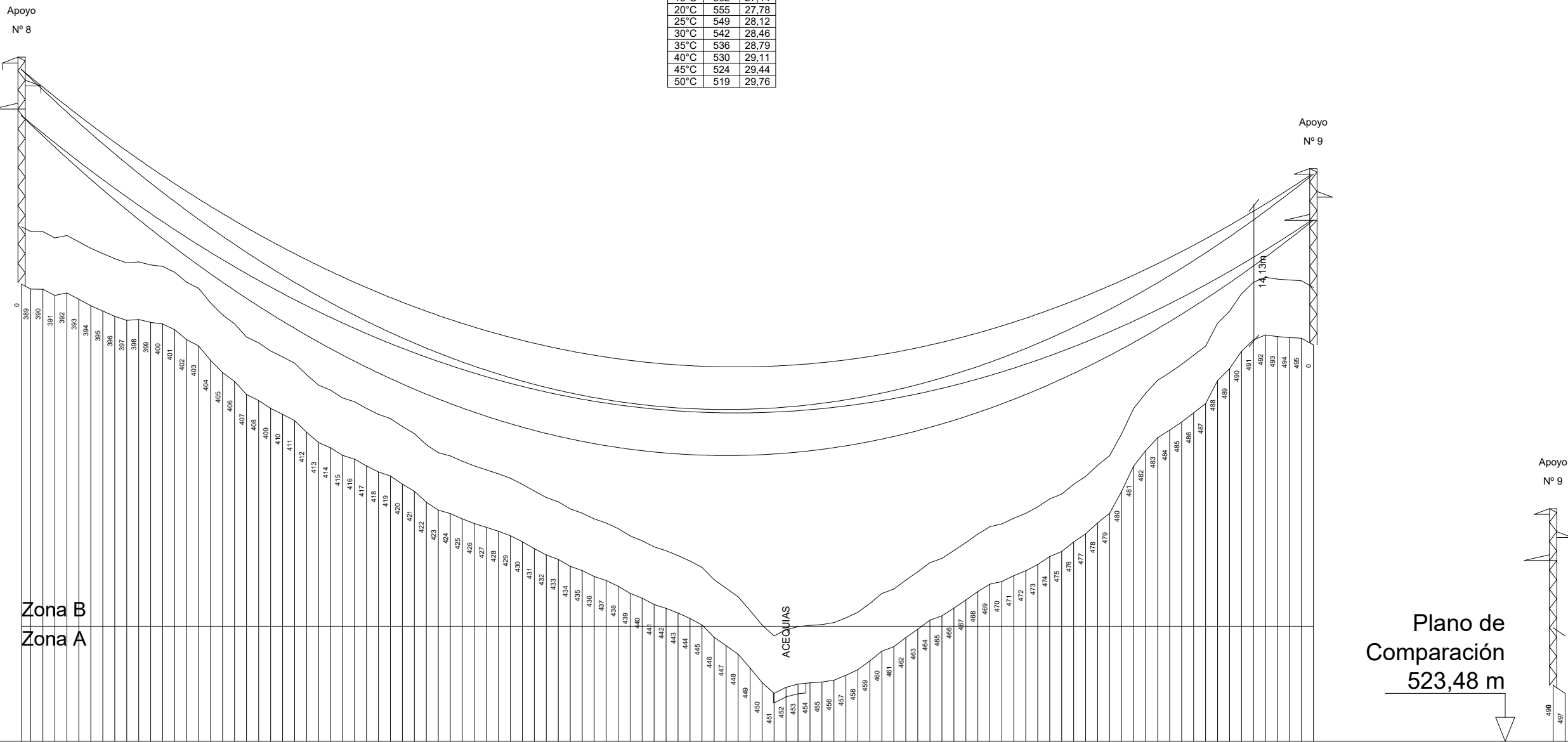


Planta



Perfil

| COTA: LA 110      |       |       |
|-------------------|-------|-------|
| Zona B            |       |       |
| Máximos y mínimos |       |       |
| P.V.C.            | Tramo | km    |
| 20+00             | 200   | 28.00 |
| 20+50             | 50    | 28.50 |
| 21+00             | 100   | 29.00 |
| 21+50             | 150   | 29.50 |
| 22+00             | 200   | 30.00 |
| 22+50             | 250   | 30.50 |
| 23+00             | 300   | 31.00 |
| 23+50             | 350   | 31.50 |
| 24+00             | 400   | 32.00 |
| 24+50             | 450   | 32.50 |
| 25+00             | 500   | 33.00 |
| 25+50             | 550   | 33.50 |
| 26+00             | 600   | 34.00 |
| 26+50             | 650   | 34.50 |
| 27+00             | 700   | 35.00 |
| 27+50             | 750   | 35.50 |
| 28+00             | 800   | 36.00 |
| 28+50             | 850   | 36.50 |
| 29+00             | 900   | 37.00 |
| 29+50             | 950   | 37.50 |
| 30+00             | 1000  | 38.00 |

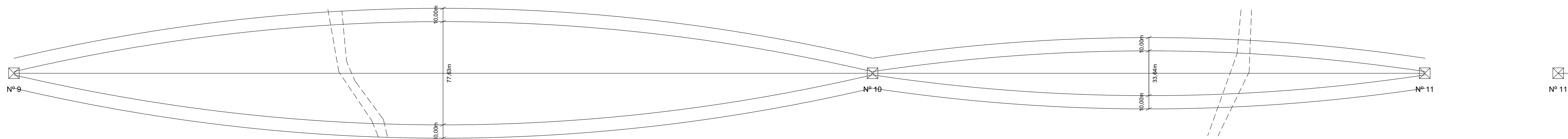


| Fecha topogr.     | Estaciones y punto kilométrico  |            |     |          | Estaciones y punto kilométrico  |          |        |          | Fecha topogr.                   |         |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------------|---------------------------------|------------|-----|----------|---------------------------------|----------|--------|----------|---------------------------------|---------|--|--|--|--|--|--|--|
|                   | Distancias                      | Parciales  | 0.0 | 538.81   | 538.81                          | 538.81   | 538.81 | 0.0      |                                 |         |  |  |  |  |  |  |  |
|                   |                                 | Al origen  |     |          |                                 |          |        |          |                                 |         |  |  |  |  |  |  |  |
| Cotas del terreno |                                 |            |     |          |                                 |          |        |          | Cotas del terreno               |         |  |  |  |  |  |  |  |
| Apoyos            | Num. y longitud de las parcelas |            |     |          | Num. y Longitud de las parcelas |          |        |          | Num. y Longitud de las parcelas |         |  |  |  |  |  |  |  |
|                   | Número                          |            |     |          | Número                          |          |        |          | Número                          |         |  |  |  |  |  |  |  |
|                   | Ángulo                          |            |     |          | Ángulo                          |          |        |          | Ángulo                          |         |  |  |  |  |  |  |  |
|                   | Referencia del apoyo            |            |     |          | Tipo                            |          |        |          | Tipo                            |         |  |  |  |  |  |  |  |
|                   | Función                         |            |     |          | Ali-Anclaje                     |          |        |          | Ali-Anclaje                     |         |  |  |  |  |  |  |  |
|                   | Montaje                         |            |     |          | Tresbolillo                     |          |        |          | Tresbolillo                     |         |  |  |  |  |  |  |  |
|                   | Separación de fases             |            |     |          | 2.40                            |          |        |          | 2.40                            |         |  |  |  |  |  |  |  |
|                   | Tipo armado                     |            |     |          | TB-12-ATC-12                    |          |        |          | TB-12-ATC-12                    |         |  |  |  |  |  |  |  |
|                   | Altura útil cruceta inferior    |            |     |          | 11.98 m                         |          |        |          | 16.78 m                         |         |  |  |  |  |  |  |  |
|                   | Tipo de cimentación             |            |     |          | Monobloque (8)                  |          |        |          | Monobloque (8)                  |         |  |  |  |  |  |  |  |
|                   | Lado                            |            |     |          | 1.05 m                          |          |        |          | 1.45 m                          |         |  |  |  |  |  |  |  |
|                   | Profundidad                     |            |     |          | 3.02 m                          |          |        |          | 2.22 m                          |         |  |  |  |  |  |  |  |
|                   | Cimen-tación                    | Excavación |     |          |                                 | 10.34 m3 |        |          |                                 | 4.67 m3 |  |  |  |  |  |  |  |
| Hormigonado       |                                 |            |     | 11.02 m3 |                                 |          |        | 5.09 m3  |                                 |         |  |  |  |  |  |  |  |
| Número            |                                 |            |     | Nº 1     |                                 |          |        | Número   |                                 |         |  |  |  |  |  |  |  |
| Longitud          |                                 |            |     | 538.81 m |                                 |          |        | Longitud |                                 |         |  |  |  |  |  |  |  |
| Vanos             | Desnivel                        |            |     |          | -10.23 m                        |          |        |          | Desnivel                        |         |  |  |  |  |  |  |  |
|                   | Número                          |            |     |          | Número                          |          |        |          | Número                          |         |  |  |  |  |  |  |  |
| Vano regul.       | Cons. de catenaria y longitud   |            |     |          | Cons. de catenaria y Longitud   |          |        |          | Cons. de catenaria y Longitud   |         |  |  |  |  |  |  |  |
|                   | Apoyo inicial y final           |            |     |          | Apoyo inicial y final           |          |        |          | Apoyo inicial y final           |         |  |  |  |  |  |  |  |

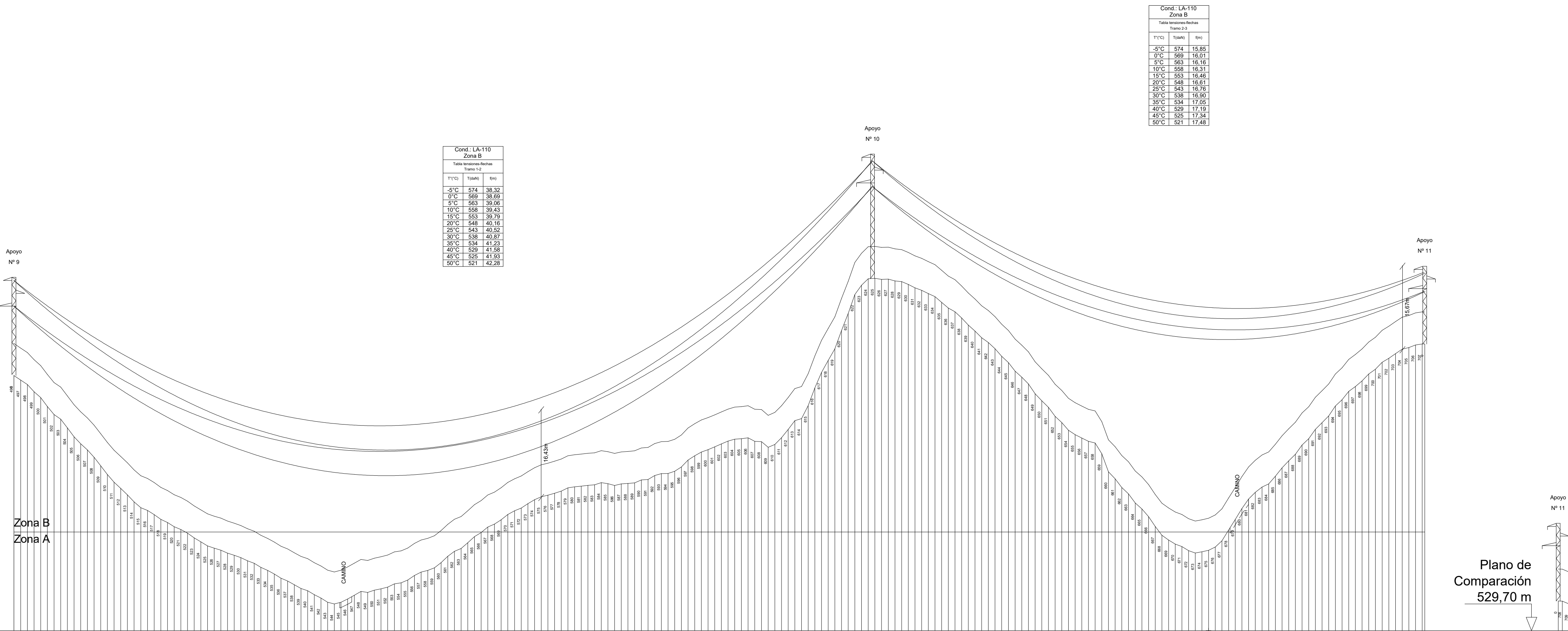
|                                |                                                                                                                            |        |       |                                            |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------------------------------------|
|                                | FECHA                                                                                                                      | NOMBRE | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA<br>SUPERIOR<br>LINARES |
| DIBUJADO                       | 25/08/23                                                                                                                   | M.R.C. |       |                                            |
| COMPROBADO                     |                                                                                                                            |        |       |                                            |
| ESCALA:<br>H 1:2000<br>V 1:500 | Línea eléctrica de media tensión y centro de transformación<br>para suministro al Castillo Torre Benzalá en Torredonjimeno |        |       | Nº PLANO<br><br>3.3                        |
| PERFIL DE LA LÍNEA             |                                                                                                                            |        |       |                                            |
|                                |                                                                                                                            |        |       | SUSTITUYE A:                               |
|                                |                                                                                                                            |        |       | SUSTITUIDO POR:                            |



Planta



Perfil

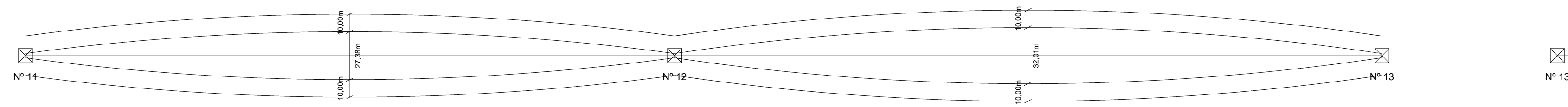


| Estaciones y punto kilométrico  |                |           | km nº 1                         |        |                | Estaciones y punto kilométrico  |                               |  |
|---------------------------------|----------------|-----------|---------------------------------|--------|----------------|---------------------------------|-------------------------------|--|
| Distancias                      | Parciales      |           | 643.28                          | 413.67 | 413.67         | Parciales                       | Distancias                    |  |
|                                 | Al origen      | Al origen |                                 |        |                |                                 |                               |  |
| Cotas del terreno               |                |           | Cotas del terreno               |        |                | Cotas del terreno               |                               |  |
| Num. y longitud de las parcelas |                |           | Num. y Longitud de las parcelas |        |                | Num. y Longitud de las parcelas |                               |  |
| Número                          | Nº 9           |           | Nº 10                           |        | Nº 11          |                                 | Número                        |  |
| Ángulo                          |                |           |                                 |        | 1.20           |                                 | Ángulo                        |  |
| Referencia del apoyo            | C-7000-18      |           | C-1000-22                       |        | C-500-16       |                                 | Tipo                          |  |
| Función                         | Ali-Anclaje    |           | Ali-Suspensión                  |        | Ali-Suspensión |                                 | Función                       |  |
| Montaje                         | Tresbolillo    |           | Tresbolillo                     |        | Tresbolillo    |                                 | Montaje                       |  |
| Separación de fases             | 2.40           |           | 2.40                            |        | 2.40           |                                 | Separación de fases           |  |
| Tipo armado                     | TB-12-ATC-12   |           | TB-12-ATC-12                    |        | TB-12-ATC-12   |                                 | Tipo armado                   |  |
| Altura útil cruceta inferior    | 11.98 m        |           | 16.78 m                         |        | 11.22 m        |                                 | Altura útil cruceta inferior  |  |
| Tipo de cimentación             | Monobloque (8) |           | Monobloque (8)                  |        | Monobloque (8) |                                 | Tipo de cadena-elementos      |  |
| Lado                            | 1.95 m         |           | 1.95 m                          |        | 1.20 m         |                                 | Lado                          |  |
| Profundidad                     | 3.02 m         |           | 2.22 m                          |        | 1.78 m         |                                 | Profundidad                   |  |
| Excavación                      | 10.34 m³       |           | 4.67 m³                         |        | 2.56 m³        |                                 | Excavación                    |  |
| Hormigonado                     | 11.02 m³       |           | 5.09 m³                         |        | 2.85 m³        |                                 | Hormigonado                   |  |
| Número                          | Nº 1           |           | Nº 2                            |        |                |                                 | Número                        |  |
| Longitud                        | 643.28 m       |           | 413.67 m                        |        |                |                                 | Longitud                      |  |
| Desnivel                        | 22.50 m        |           | -21.25 m                        |        |                |                                 | Desnivel                      |  |
| Número                          |                |           |                                 |        |                |                                 | Número                        |  |
| Cons. de catenaria y longitud   |                |           |                                 |        |                |                                 | Cons. de catenaria y Longitud |  |
| Apoyo inicial y final           |                |           |                                 |        |                |                                 | Apoyo inicial y final         |  |

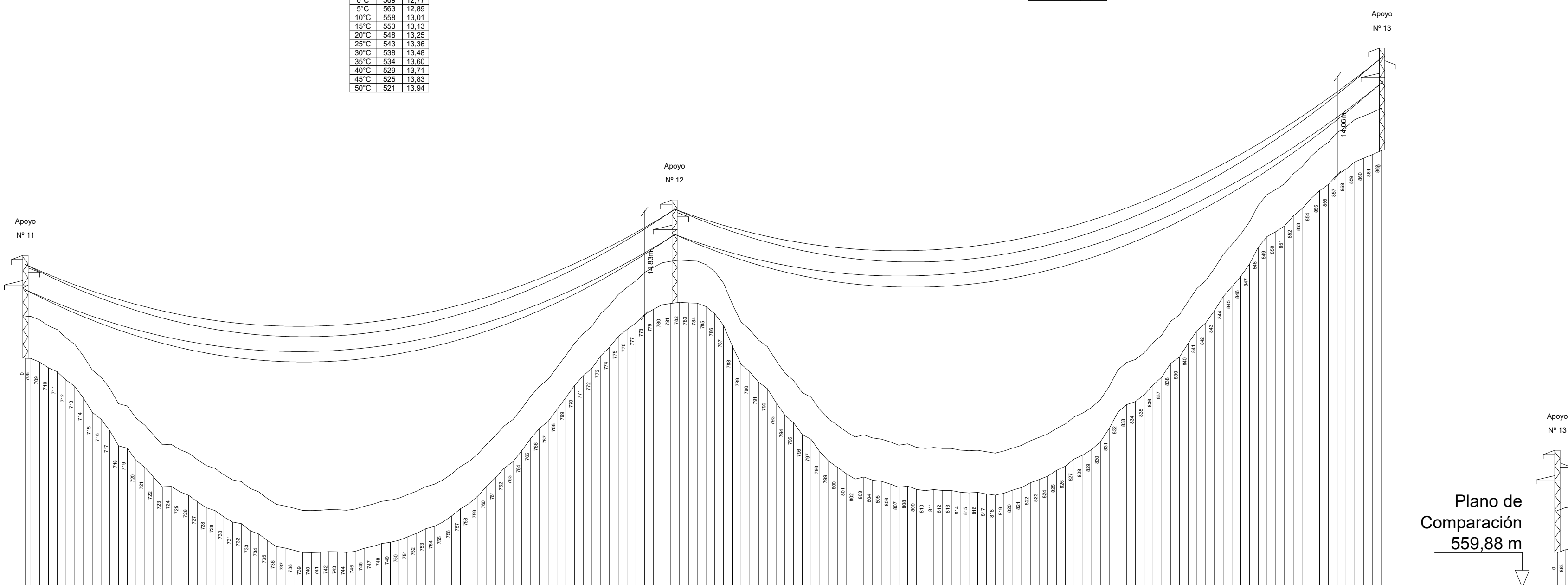
|            |                                                                                                                         |        |       |                                            |  |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------------------------------------|--|
| DIBUJADO   | FECHA                                                                                                                   | NOMBRE | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA<br>SUPERIOR<br>LINARES |  |
| COMPROBADO | 25/08/23                                                                                                                | M.R.C. |       |                                            |  |
|            |                                                                                                                         |        |       |                                            |  |
| ESCALA:    | Línea eléctrica de media tensión y centro de transformación para suministro al Castillo Torre Benzalá en Torredonjimeno |        |       | Nº PLANO                                   |  |
| H 1:2000   | PERFIL DE LA LÍNEA                                                                                                      |        |       | 3.4                                        |  |
| V 1:500    |                                                                                                                         |        |       |                                            |  |
|            |                                                                                                                         |        |       |                                            |  |
|            |                                                                                                                         |        |       | SUSTITUYE A:                               |  |
|            |                                                                                                                         |        |       | SUSTITUIDO POR:                            |  |



# Planta



## Perfil



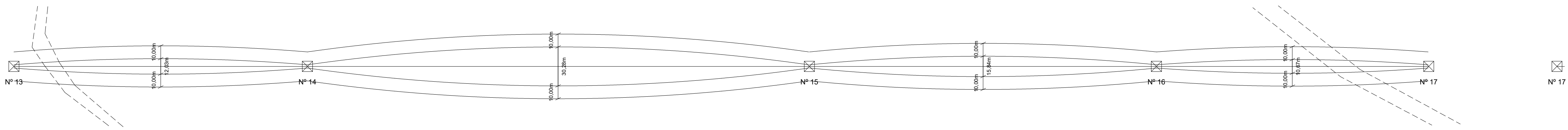
| Cond.: LA-190<br>Zona B           |      |       |
|-----------------------------------|------|-------|
| Tabela termica-Recha<br>Tramo 5-6 |      |       |
| TCCi                              | Tmax | t90   |
| -5°C                              | 574  | 15,02 |
| 0°C                               | 569  | 15,17 |
| 5°C                               | 563  | 15,31 |
| 10°C                              | 558  | 15,46 |
| 15°C                              | 553  | 15,60 |
| 20°C                              | 548  | 15,74 |
| 25°C                              | 543  | 15,88 |
| 30°C                              | 538  | 16,02 |
| 35°C                              | 534  | 16,16 |
| 40°C                              | 529  | 16,29 |
| 45°C                              | 525  | 16,43 |
| 50°C                              | 521  | 16,57 |

| Estaciones y punto kilométrico  |                              | Estaciones y punto kilométrico  |                | Estaciones y punto kilométrico  |                              | Estaciones y punto kilométrico  |                |
|---------------------------------|------------------------------|---------------------------------|----------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------------------|----------------|
| Dato topograf.                  | Distancias                   | Parcelas                        | Parcelas       | Parcelas                        | Distancias                   | Parcelas                        | Distancias     |
|                                 | Al origen                    |                                 |                |                                 | Al origen                    |                                 |                |
| Cotas del terreno               |                              | Cotas del terreno               |                | Cotas del terreno               |                              | Cotas del terreno               |                |
| Num. y longitud de las parcelas |                              | Num. y longitud de las parcelas |                | Num. y longitud de las parcelas |                              | Num. y longitud de las parcelas |                |
| Apoyos                          | Número                       | Nº 11                           | Nº 12          | Nº 13                           | Número                       | Nº 14                           | Nº 15          |
|                                 | Ángulo                       | —                               | —              | —                               | Ángulo                       | —                               | —              |
|                                 | Referencia del apoyo         | C-7000-18                       | C-1000-22      | C-500-16                        | Referencia del apoyo         | C-7000-18                       | C-1000-22      |
|                                 | Función                      | Ali-Suspensión                  | Ali-Suspensión | Ali-Suspensión                  | Función                      | Ali-Suspensión                  | Ali-Suspensión |
|                                 | Montaje                      | Tresbolillo                     | Tresbolillo    | Tresbolillo                     | Montaje                      | Tresbolillo                     | Tresbolillo    |
|                                 | Separación de fases          | 2,40                            | 2,40           | 2,40                            | Separación de fases          | 2,40                            | 2,40           |
|                                 | Tipo armado                  | TB-12-ATC-12                    | TB-12-ATC-12   | TB-12-ATC-12                    | Tipo armado                  | TB-12-ATC-12                    | TB-12-ATC-12   |
|                                 | Altura útil cruceta inferior | 16,78 m                         | 11,22 m        | 11,22 m                         | Altura útil cruceta inferior | 16,78 m                         | 11,22 m        |
| Tipo de cimentación             |                              | Tipo de cimentación             |                | Tipo de cimentación             |                              | Tipo de cimentación             |                |
| Lado                            |                              | Lado                            |                | Lado                            |                              | Lado                            |                |
| Profundidad                     |                              | Profundidad                     |                | Profundidad                     |                              | Profundidad                     |                |
| Excavación                      |                              | Excavación                      |                | Excavación                      |                              | Excavación                      |                |
| Hormigonado                     |                              | Hormigonado                     |                | Hormigonado                     |                              | Hormigonado                     |                |
| Vanos                           | Número                       | Nº 1                            | Nº 2           | Nº 3                            | Número                       | Nº 4                            | Nº 5           |
|                                 | Longitud                     | 370,22 m                        | 403,46 m       | 403,46 m                        | Longitud                     | 370,22 m                        | 403,46 m       |
| Desnivel                        |                              | Desnivel                        |                | Desnivel                        |                              | Desnivel                        |                |
| Número                          |                              | Número                          |                | Número                          |                              | Número                          |                |
| Cons. de catenaria y longitud   |                              | Cons. de catenaria y longitud   |                | Cons. de catenaria y longitud   |                              | Cons. de catenaria y longitud   |                |
| Apoyo inicial y final           |                              | Apoyo inicial y final           |                | Apoyo inicial y final           |                              | Apoyo inicial y final           |                |

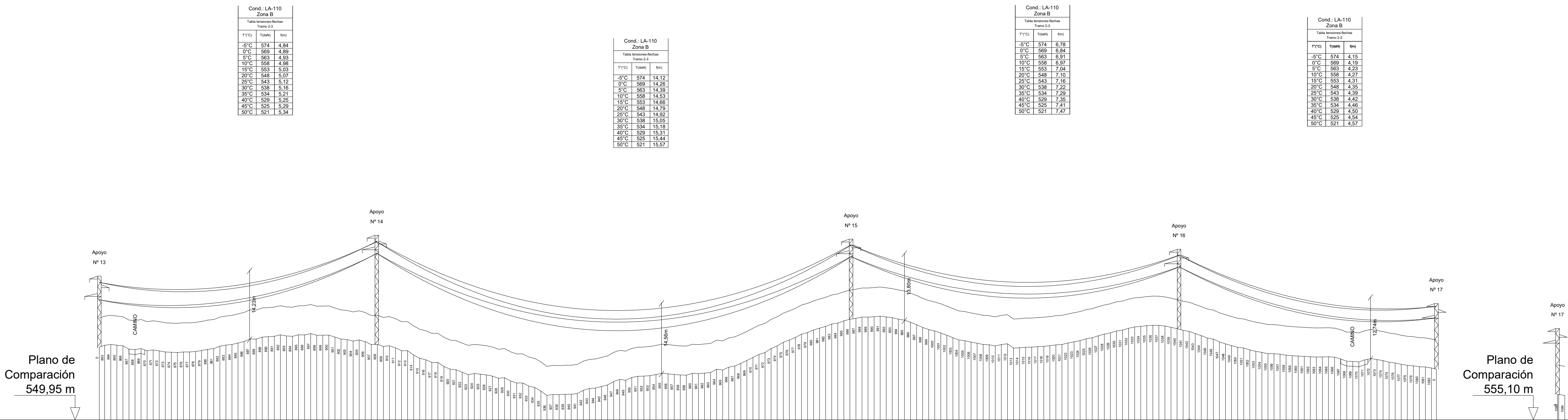
|                                |                                                                                                                                                               |        |       |                                            |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------------------------------------|
| DIBUJADO                       | FECHA                                                                                                                                                         | NOMBRE | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA<br>SUPERIOR<br>LINARES |
| COMPROBADO                     | 25/08/23                                                                                                                                                      | M.R.C. |       |                                            |
| ESCALA:<br>H 1:2000<br>V 1:500 | Línea eléctrica de media tensión y centro de transformación<br>para suministro al Castillo Torre Benzaizal en Torredonjimeno<br><br><b>PERFIL DE LA LÍNEA</b> |        |       | Nº PLANO<br><br>3.5                        |
|                                |                                                                                                                                                               |        |       | SUSTITUYE A:                               |
|                                |                                                                                                                                                               |        |       | SUSTITUIDO POR:                            |



Planta



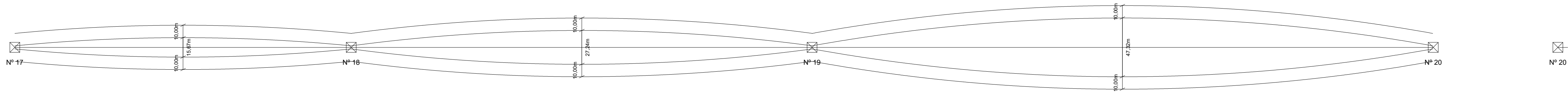
Perfil



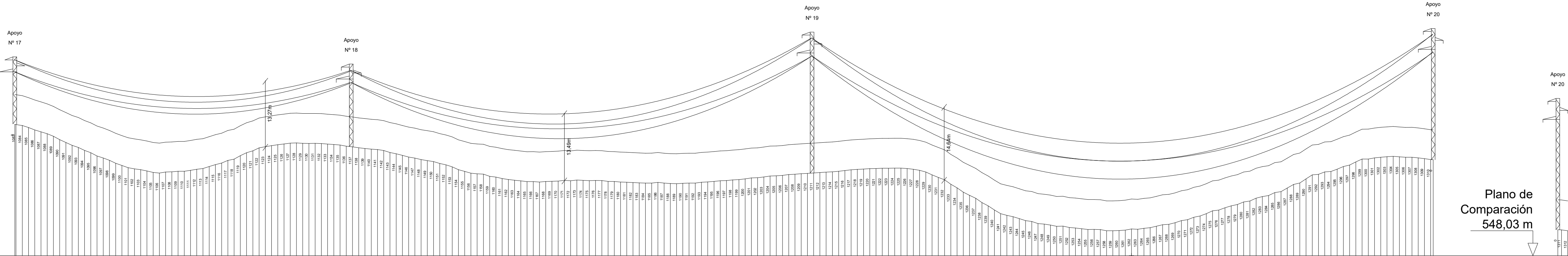
| Estaciones y punto kilométrico  |           |  |  |  |  |  |  |  |  | Estaciones y punto kilométrico  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------------|-----------|--|--|--|--|--|--|--|--|---------------------------------|-----------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Distancias                      | Parciales |  |  |  |  |  |  |  |  | Distancias                      | Parciales |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                 | Al origen |  |  |  |  |  |  |  |  |                                 | Al origen |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Cotas del terreno               |           |  |  |  |  |  |  |  |  | Cotas del terreno               |           |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Num. y longitud de las parcelas |           |  |  |  |  |  |  |  |  | Num. y longitud de las parcelas |           |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Número                          |           |  |  |  |  |  |  |  |  | Número                          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Ángulo                          |           |  |  |  |  |  |  |  |  | Ángulo                          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Referencia del apoyo            |           |  |  |  |  |  |  |  |  | Referencia del apoyo            |           |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Función                         |           |  |  |  |  |  |  |  |  | Función                         |           |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Montaje                         |           |  |  |  |  |  |  |  |  | Montaje                         |           |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Separación de fases             |           |  |  |  |  |  |  |  |  | Separación de fases             |           |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Tipo armado                     |           |  |  |  |  |  |  |  |  | Tipo armado                     |           |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Altura útil cruceta inferior    |           |  |  |  |  |  |  |  |  | Altura útil cruceta inferior    |           |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Tipo de cimentación             |           |  |  |  |  |  |  |  |  | Tipo de cimentación             |           |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Lado                            |           |  |  |  |  |  |  |  |  | Lado                            |           |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Profundidad                     |           |  |  |  |  |  |  |  |  | Profundidad                     |           |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Excavación                      |           |  |  |  |  |  |  |  |  | Excavación                      |           |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Hormigonado                     |           |  |  |  |  |  |  |  |  | Hormigonado                     |           |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Número                          |           |  |  |  |  |  |  |  |  | Número                          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Longitud                        |           |  |  |  |  |  |  |  |  | Longitud                        |           |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Desnivel                        |           |  |  |  |  |  |  |  |  | Desnivel                        |           |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Número                          |           |  |  |  |  |  |  |  |  | Número                          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Cons. de catenaria y longitud   |           |  |  |  |  |  |  |  |  | Cons. de catenaria y longitud   |           |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Apoyo inicial y final           |           |  |  |  |  |  |  |  |  | Apoyo inicial y final           |           |  |  |  |  |  |  |  |  |



Planta



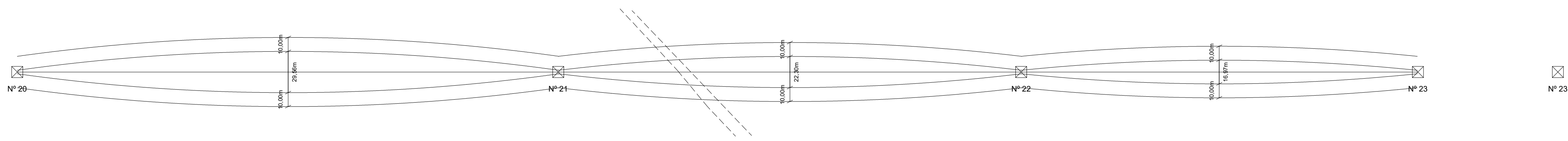
Perfil



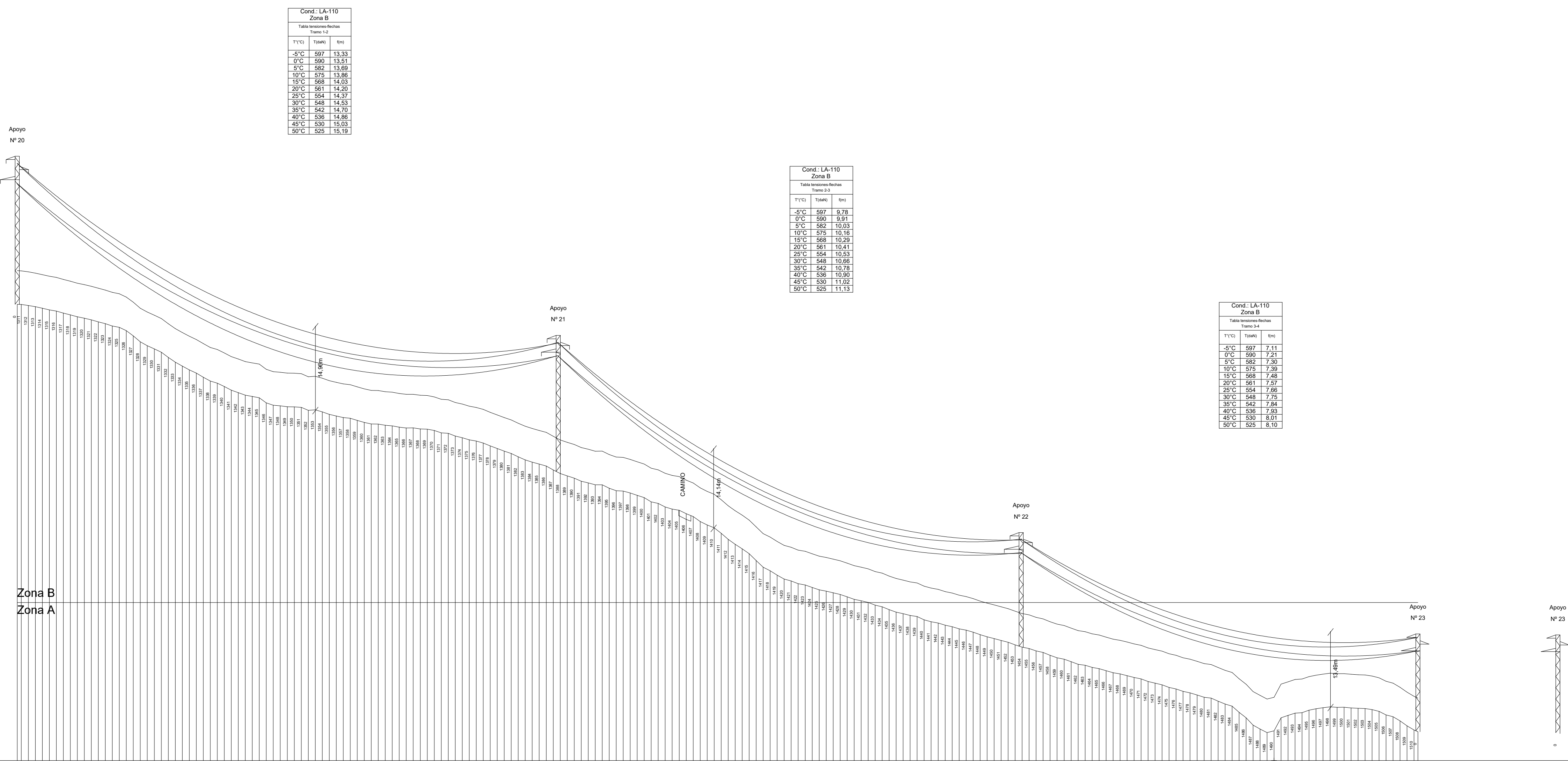
| Cond: LA-T16               |      |      |
|----------------------------|------|------|
| Zona B                     |      |      |
| Tabla Elevaciones (metros) |      |      |
| Tramo 1-2                  |      |      |
| Y(m)                       | X(m) | h(m) |
| -5°C                       | 567  | 6.66 |
| 0°C                        | 560  | 6.65 |
| 5°C                        | 562  | 6.63 |
| 10°C                       | 525  | 6.72 |
| 15°C                       | 568  | 6.60 |
| 20°C                       | 561  | 6.68 |
| 25°C                       | 564  | 6.66 |
| 30°C                       | 548  | 7.04 |
| 35°C                       | 542  | 7.12 |
| 40°C                       | 536  | 7.20 |
| 45°C                       | 530  | 7.28 |
| 50°C                       | 525  | 7.36 |



Planta



Perfil



| Cota LA110<br>Zona B |       |        |
|----------------------|-------|--------|
| Elevación (m)        |       |        |
| Y (m)                | X (m) | Z (m)  |
| 0.0                  | 0.0   | 471.78 |
| 1.0                  | 1.0   | 471.78 |
| 2.0                  | 2.0   | 471.78 |
| 3.0                  | 3.0   | 471.78 |
| 4.0                  | 4.0   | 471.78 |
| 5.0                  | 5.0   | 471.78 |
| 6.0                  | 6.0   | 471.78 |
| 7.0                  | 7.0   | 471.78 |
| 8.0                  | 8.0   | 471.78 |
| 9.0                  | 9.0   | 471.78 |
| 10.0                 | 10.0  | 471.78 |
| 11.0                 | 11.0  | 471.78 |
| 12.0                 | 12.0  | 471.78 |
| 13.0                 | 13.0  | 471.78 |
| 14.0                 | 14.0  | 471.78 |
| 15.0                 | 15.0  | 471.78 |
| 16.0                 | 16.0  | 471.78 |
| 17.0                 | 17.0  | 471.78 |
| 18.0                 | 18.0  | 471.78 |
| 19.0                 | 19.0  | 471.78 |
| 20.0                 | 20.0  | 471.78 |
| 21.0                 | 21.0  | 471.78 |
| 22.0                 | 22.0  | 471.78 |
| 23.0                 | 23.0  | 471.78 |
| 24.0                 | 24.0  | 471.78 |
| 25.0                 | 25.0  | 471.78 |
| 26.0                 | 26.0  | 471.78 |
| 27.0                 | 27.0  | 471.78 |
| 28.0                 | 28.0  | 471.78 |
| 29.0                 | 29.0  | 471.78 |
| 30.0                 | 30.0  | 471.78 |
| 31.0                 | 31.0  | 471.78 |
| 32.0                 | 32.0  | 471.78 |
| 33.0                 | 33.0  | 471.78 |
| 34.0                 | 34.0  | 471.78 |
| 35.0                 | 35.0  | 471.78 |
| 36.0                 | 36.0  | 471.78 |
| 37.0                 | 37.0  | 471.78 |
| 38.0                 | 38.0  | 471.78 |
| 39.0                 | 39.0  | 471.78 |
| 40.0                 | 40.0  | 471.78 |
| 41.0                 | 41.0  | 471.78 |
| 42.0                 | 42.0  | 471.78 |
| 43.0                 | 43.0  | 471.78 |
| 44.0                 | 44.0  | 471.78 |
| 45.0                 | 45.0  | 471.78 |
| 46.0                 | 46.0  | 471.78 |
| 47.0                 | 47.0  | 471.78 |
| 48.0                 | 48.0  | 471.78 |
| 49.0                 | 49.0  | 471.78 |
| 50.0                 | 50.0  | 471.78 |

| Cota LA110<br>Zona B |       |        |
|----------------------|-------|--------|
| Elevación (m)        |       |        |
| Y (m)                | X (m) | Z (m)  |
| 0.0                  | 0.0   | 471.78 |
| 1.0                  | 1.0   | 471.78 |
| 2.0                  | 2.0   | 471.78 |
| 3.0                  | 3.0   | 471.78 |
| 4.0                  | 4.0   | 471.78 |
| 5.0                  | 5.0   | 471.78 |
| 6.0                  | 6.0   | 471.78 |
| 7.0                  | 7.0   | 471.78 |
| 8.0                  | 8.0   | 471.78 |
| 9.0                  | 9.0   | 471.78 |
| 10.0                 | 10.0  | 471.78 |
| 11.0                 | 11.0  | 471.78 |
| 12.0                 | 12.0  | 471.78 |
| 13.0                 | 13.0  | 471.78 |
| 14.0                 | 14.0  | 471.78 |
| 15.0                 | 15.0  | 471.78 |
| 16.0                 | 16.0  | 471.78 |
| 17.0                 | 17.0  | 471.78 |
| 18.0                 | 18.0  | 471.78 |
| 19.0                 | 19.0  | 471.78 |
| 20.0                 | 20.0  | 471.78 |
| 21.0                 | 21.0  | 471.78 |
| 22.0                 | 22.0  | 471.78 |
| 23.0                 | 23.0  | 471.78 |
| 24.0                 | 24.0  | 471.78 |
| 25.0                 | 25.0  | 471.78 |
| 26.0                 | 26.0  | 471.78 |
| 27.0                 | 27.0  | 471.78 |
| 28.0                 | 28.0  | 471.78 |
| 29.0                 | 29.0  | 471.78 |
| 30.0                 | 30.0  | 471.78 |
| 31.0                 | 31.0  | 471.78 |
| 32.0                 | 32.0  | 471.78 |
| 33.0                 | 33.0  | 471.78 |
| 34.0                 | 34.0  | 471.78 |
| 35.0                 | 35.0  | 471.78 |
| 36.0                 | 36.0  | 471.78 |
| 37.0                 | 37.0  | 471.78 |
| 38.0                 | 38.0  | 471.78 |
| 39.0                 | 39.0  | 471.78 |
| 40.0                 | 40.0  | 471.78 |
| 41.0                 | 41.0  | 471.78 |
| 42.0                 | 42.0  | 471.78 |
| 43.0                 | 43.0  | 471.78 |
| 44.0                 | 44.0  | 471.78 |
| 45.0                 | 45.0  | 471.78 |
| 46.0                 | 46.0  | 471.78 |
| 47.0                 | 47.0  | 471.78 |
| 48.0                 | 48.0  | 471.78 |
| 49.0                 | 49.0  | 471.78 |
| 50.0                 | 50.0  | 471.78 |

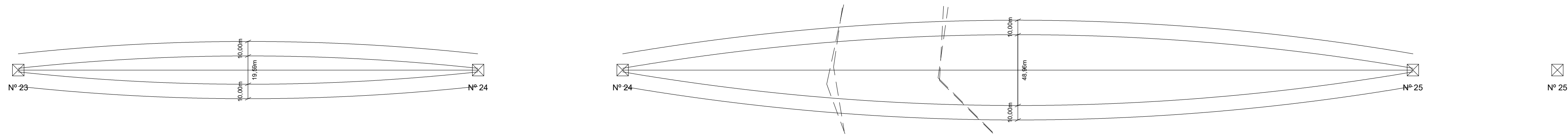
| Cota LA110<br>Zona B |       |        |
|----------------------|-------|--------|
| Elevación (m)        |       |        |
| Y (m)                | X (m) | Z (m)  |
| 0.0                  | 0.0   | 471.78 |
| 1.0                  | 1.0   | 471.78 |
| 2.0                  | 2.0   | 471.78 |
| 3.0                  | 3.0   | 471.78 |
| 4.0                  | 4.0   | 471.78 |
| 5.0                  | 5.0   | 471.78 |
| 6.0                  | 6.0   | 471.78 |
| 7.0                  | 7.0   | 471.78 |
| 8.0                  | 8.0   | 471.78 |
| 9.0                  | 9.0   | 471.78 |
| 10.0                 | 10.0  | 471.78 |
| 11.0                 | 11.0  | 471.78 |
| 12.0                 | 12.0  | 471.78 |
| 13.0                 | 13.0  | 471.78 |
| 14.0                 | 14.0  | 471.78 |
| 15.0                 | 15.0  | 471.78 |
| 16.0                 | 16.0  | 471.78 |
| 17.0                 | 17.0  | 471.78 |
| 18.0                 | 18.0  | 471.78 |
| 19.0                 | 19.0  | 471.78 |
| 20.0                 | 20.0  | 471.78 |
| 21.0                 | 21.0  | 471.78 |
| 22.0                 | 22.0  | 471.78 |
| 23.0                 | 23.0  | 471.78 |
| 24.0                 | 24.0  | 471.78 |
| 25.0                 | 25.0  | 471.78 |
| 26.0                 | 26.0  | 471.78 |
| 27.0                 | 27.0  | 471.78 |
| 28.0                 | 28.0  | 471.78 |
| 29.0                 | 29.0  | 471.78 |
| 30.0                 | 30.0  | 471.78 |
| 31.0                 | 31.0  | 471.78 |
| 32.0                 | 32.0  | 471.78 |
| 33.0                 | 33.0  | 471.78 |
| 34.0                 | 34.0  | 471.78 |
| 35.0                 | 35.0  | 471.78 |
| 36.0                 | 36.0  | 471.78 |
| 37.0                 | 37.0  | 471.78 |
| 38.0                 | 38.0  | 471.78 |
| 39.0                 | 39.0  | 471.78 |
| 40.0                 | 40.0  | 471.78 |
| 41.0                 | 41.0  | 471.78 |
| 42.0                 | 42.0  | 471.78 |
| 43.0                 | 43.0  | 471.78 |
| 44.0                 | 44.0  | 471.78 |
| 45.0                 | 45.0  | 471.78 |
| 46.0                 | 46.0  | 471.78 |
| 47.0                 | 47.0  | 471.78 |
| 48.0                 | 48.0  | 471.78 |
| 49.0                 | 49.0  | 471.78 |
| 50.0                 | 50.0  | 471.78 |

| Datos topográficos | Estaciones y punto kilométrico  |           | Estaciones y punto kilométrico  |           |
|--------------------|---------------------------------|-----------|---------------------------------|-----------|
|                    | Parciales                       |           | Parciales                       |           |
|                    | Distancias                      | Al origen | Distancias                      | Al origen |
| Apoyos             | Cotas del terreno               |           | Cotas del terreno               |           |
|                    | Num. y longitud de las parcelas |           | Num. y longitud de las parcelas |           |
|                    | Número                          |           | Número                          |           |
| Cimentación        | Ángulo                          |           | Ángulo                          |           |
|                    | Referencia del apoyo            |           | Referencia del apoyo            |           |
|                    | Función                         |           | Función                         |           |
| Vanos              | Montaje                         |           | Montaje                         |           |
|                    | Separación de fases             |           | Separación de fases             |           |
|                    | Tipo armado                     |           | Tipo armado                     |           |
| Vanos              | Altura útil cruceta inferior    |           | Altura útil cruceta inferior    |           |
|                    | Tipo de cimentación             |           | Tipo de cadena-elementos        |           |
|                    | Lado                            |           | Lado                            |           |
| Vanos              | Profundidad                     |           | Profundidad                     |           |
|                    | Excavación                      |           | Excavación                      |           |
|                    | Hormigonado                     |           | Hormigonado                     |           |
| Vanos              | Número                          |           | Número                          |           |
|                    | Longitud                        |           | Longitud                        |           |
|                    | Desnivel                        |           | Desnivel                        |           |
| Vanos              | Número                          |           | Número                          |           |
|                    | Cons. de catenaria y longitud   |           | Cons. de catenaria y longitud   |           |
|                    | Apoyo inicial y final           |           | Apoyo inicial y final           |           |

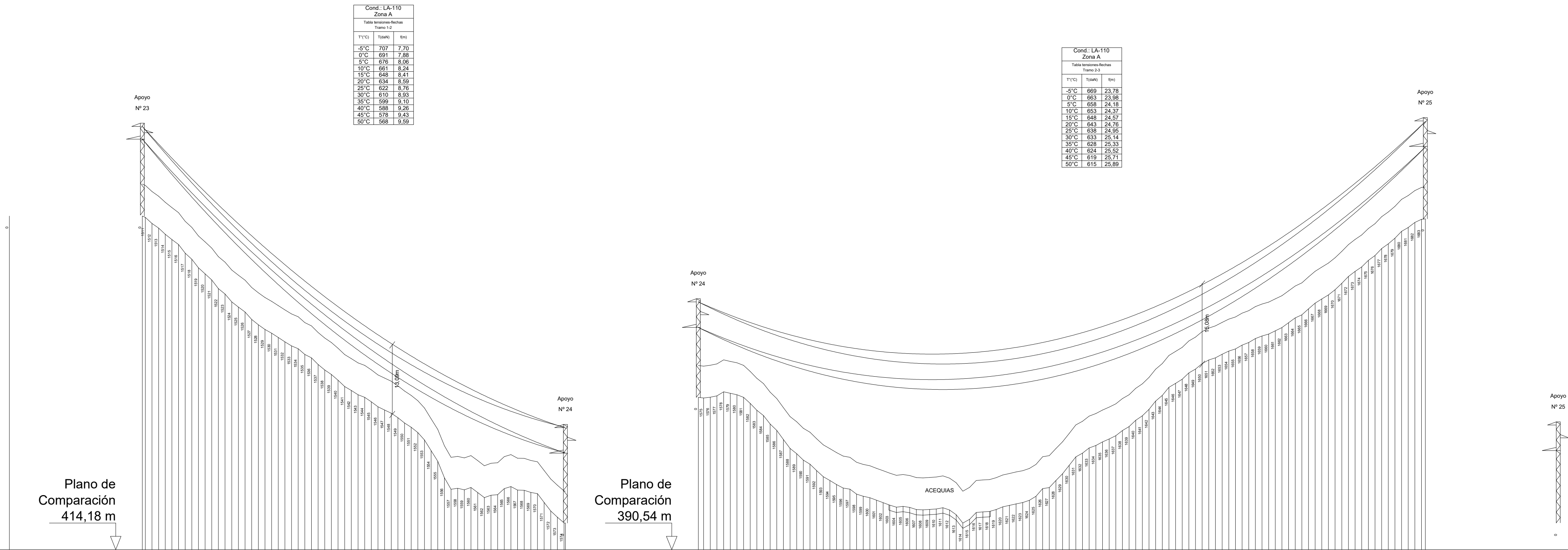
|                                |                                                                                                                            |        |       |                                            |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------------------------------------|
|                                | FECHA                                                                                                                      | NOMBRE | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA<br>SUPERIOR<br>LINARES |
| DIBUJADO                       | 25/08/23                                                                                                                   | M.R.C. |       |                                            |
| COMPROBADO                     |                                                                                                                            |        |       |                                            |
| ESCALA:<br>H 1:2000<br>V 1:500 | Línea eléctrica de media tensión y centro de transformación<br>para suministro al Castillo Torre Benzalá en Torredonjimeno |        |       | Nº PLANO<br>3.8                            |
| PERFIL DE LA LÍNEA             |                                                                                                                            |        |       | SUSTITUYE A:                               |
|                                |                                                                                                                            |        |       | SUSTITUIDO POR:                            |



Planta



Perfil



| Cota: LK+110<br>Zona A        |       |      |
|-------------------------------|-------|------|
| Metros sobre el nivel del mar |       |      |
| TTM                           | Tramo | km   |
| -20°C                         | 322   | 7.70 |
| -10°C                         | 327   | 7.70 |
| 0°C                           | 332   | 7.70 |
| 10°C                          | 337   | 7.70 |
| 20°C                          | 342   | 7.70 |
| 30°C                          | 347   | 7.70 |
| 40°C                          | 352   | 7.70 |
| 50°C                          | 357   | 7.70 |
| 60°C                          | 362   | 7.70 |
| 70°C                          | 367   | 7.70 |
| 80°C                          | 372   | 7.70 |
| 90°C                          | 377   | 7.70 |
| 100°C                         | 382   | 7.70 |

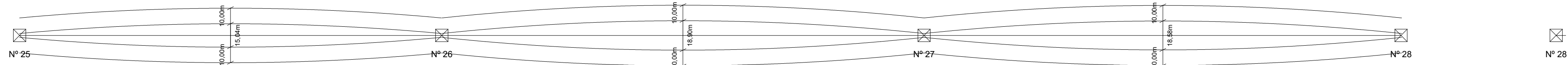
| Cota: LK+110<br>Zona A        |       |      |
|-------------------------------|-------|------|
| Metros sobre el nivel del mar |       |      |
| TTM                           | Tramo | km   |
| -20°C                         | 322   | 7.70 |
| -10°C                         | 327   | 7.70 |
| 0°C                           | 332   | 7.70 |
| 10°C                          | 337   | 7.70 |
| 20°C                          | 342   | 7.70 |
| 30°C                          | 347   | 7.70 |
| 40°C                          | 352   | 7.70 |
| 50°C                          | 357   | 7.70 |
| 60°C                          | 362   | 7.70 |
| 70°C                          | 367   | 7.70 |
| 80°C                          | 372   | 7.70 |
| 90°C                          | 377   | 7.70 |
| 100°C                         | 382   | 7.70 |

| Estaciones y punto kilométrico  |           | Estaciones y punto kilométrico  |           | Estaciones y punto kilométrico  |            |
|---------------------------------|-----------|---------------------------------|-----------|---------------------------------|------------|
| Distancias                      | Parciales | Al origen                       | Parciales | Al origen                       | Distancias |
|                                 |           |                                 |           |                                 |            |
| Cotas del terreno               |           | Cotas del terreno               |           | Cotas del terreno               |            |
| Num. y longitud de las parcelas |           | Num. y Longitud de las parcelas |           | Num. y Longitud de las parcelas |            |
| Número                          |           | Nº 23                           |           | Nº 25                           |            |
| Ángulo                          |           | -                               |           | -                               |            |
| Referencia del apoyo            |           | C-7000-18                       |           | C-500-16                        |            |
| Función                         |           | Ali-Anclaje                     |           | Ali-Amarre                      |            |
| Montaje                         |           | Tresbolillo                     |           | Tresbolillo                     |            |
| Separación de fases             |           | 2,40                            |           | 2,40                            |            |
| Tipo armado                     |           | TB-12-ATC-12                    |           | TB-12-ATC-12                    |            |
| Altura útil cruceta inferior    |           | 11,98 m                         |           | 11,22 m                         |            |
| Tipo de cimentación             |           | Monobloque (8)                  |           | Monobloque (8)                  |            |
| Lado                            |           | 1,85 m                          |           | 1,20 m                          |            |
| Profundidad                     |           | 3,02 m                          |           | 1,78 m                          |            |
| Excavación                      |           | 10,34 m3                        |           | 2,56 m3                         |            |
| Hormigonado                     |           | 11,02 m3                        |           | 2,85 m3                         |            |
| Número                          |           | Nº 1                            |           | Nº 2                            |            |
| Longitud                        |           | 318,22 m                        |           | 546,87 m                        |            |
| Desnivel                        |           | -59,42 m                        |           | 34,50 m                         |            |
| Número                          |           | Nº 5                            |           | Nº 6                            |            |
| Cons. de catenaria y longitud   |           | K=1342 a 50°C - 318 m           |           | K=1452 a 50°C - 547 m           |            |
| Apoyo inicial y final           |           | Nº 23 - Nº 24                   |           | Nº 24 - Nº 25                   |            |

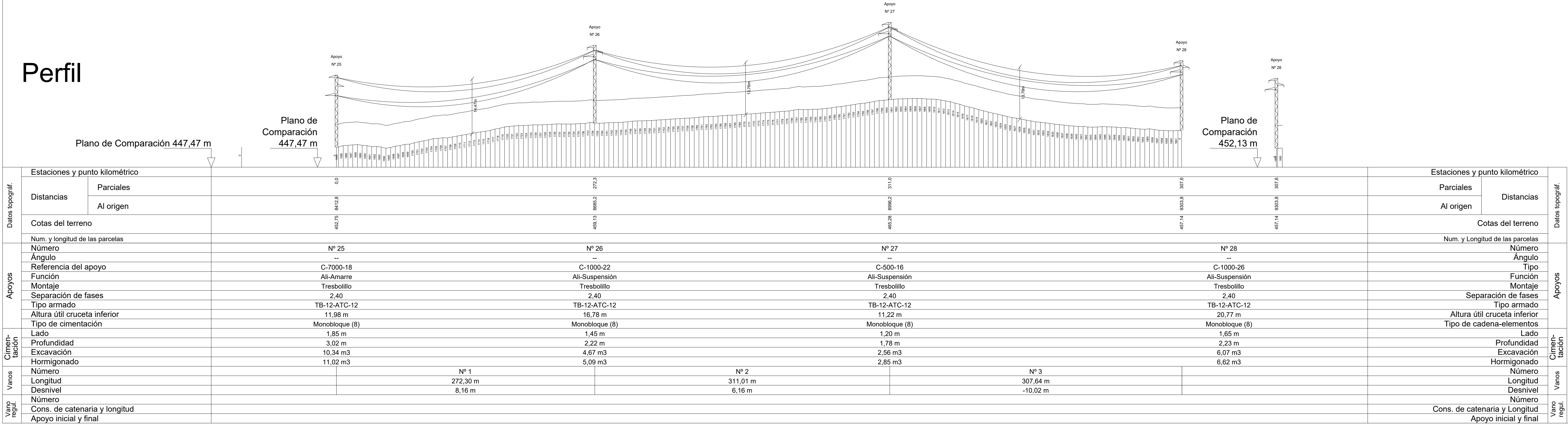
| DIBUJADO   | FECHA                                                       | NOMBRE | FIRMA | ESCUOLA POLITÉCNICA<br>SUPERIOR<br>LINARES |
|------------|-------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------------------------------------|
|            | 25/08/23                                                    | M.R.C. |       |                                            |
| COMPROBADO |                                                             |        |       |                                            |
| ESCALA:    | Línea eléctrica de media tensión y centro de transformación |        |       | Nº PLANO                                   |
| H 1:2000   | para suministro al Castillo Torre Benzá en Torredonjimeno   |        |       | 3.9                                        |
| V 1:500    | PERFIL DE LA LÍNEA                                          |        |       | SUSTITUYE A:                               |
|            |                                                             |        |       | SUSTITUIDO POR:                            |



Planta

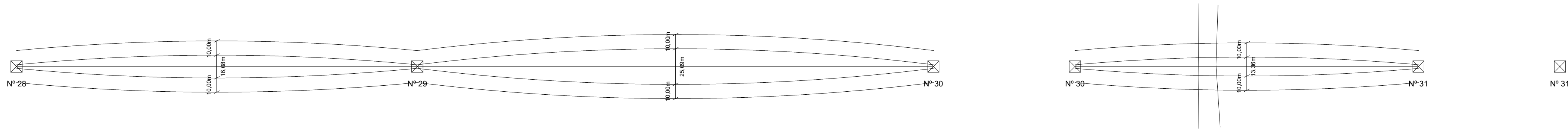


Perfil

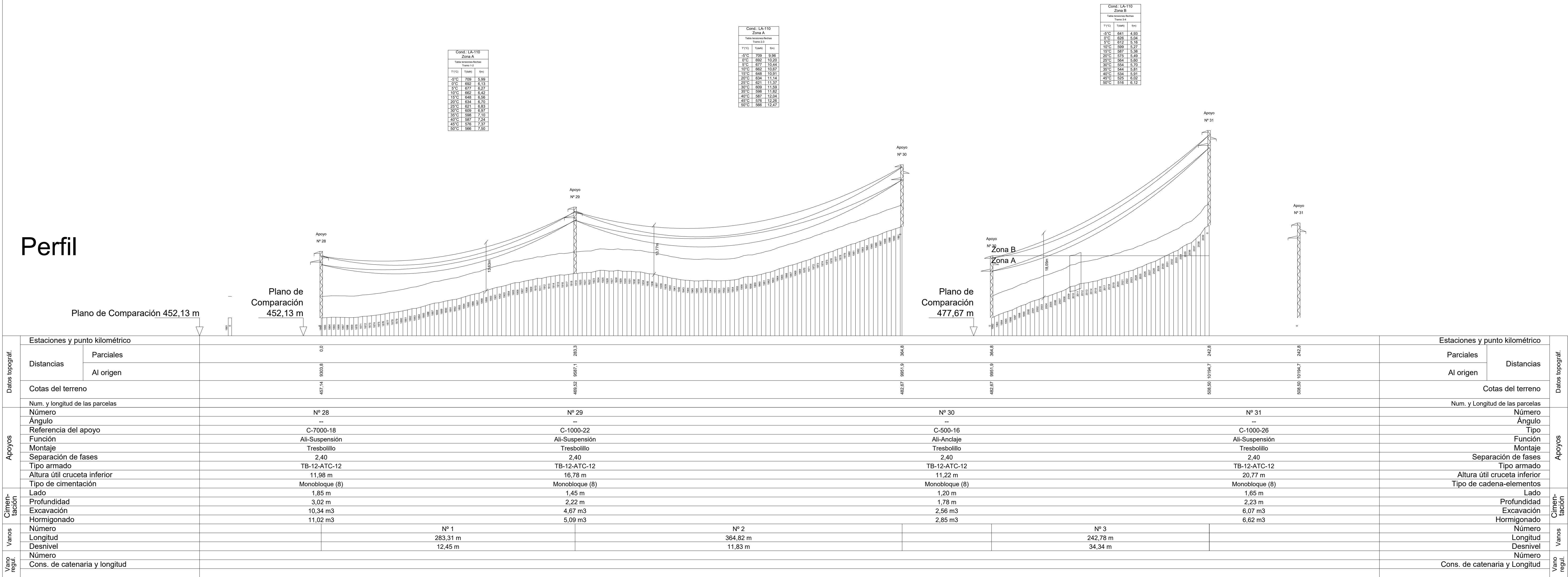




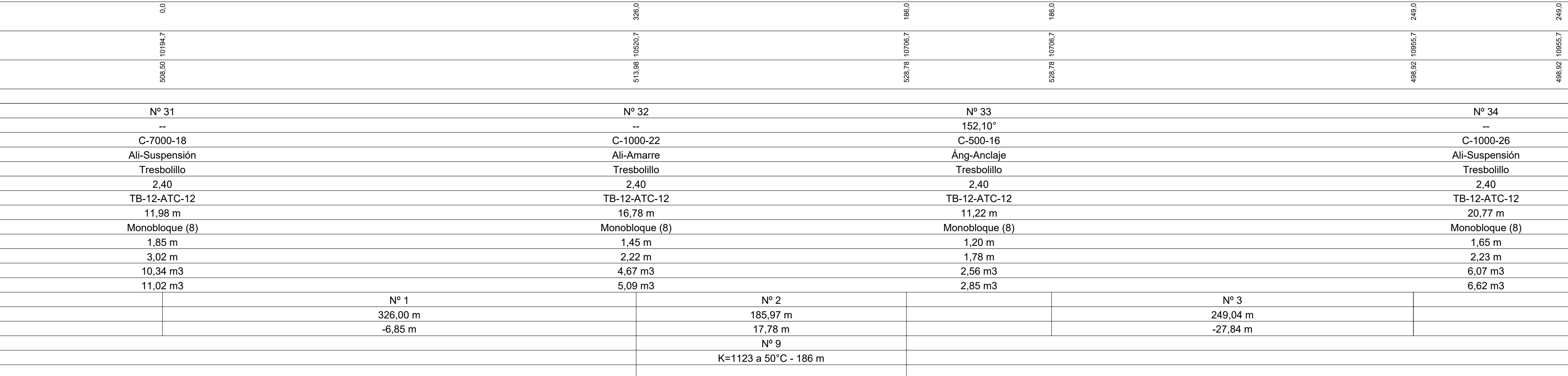
Planta



Perfil





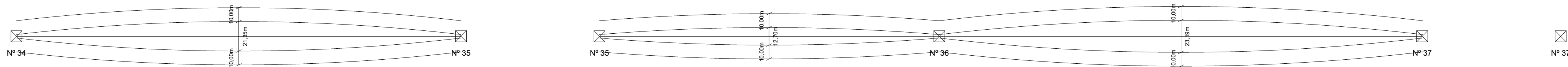


|              |                               |          |                       |          |                               |
|--------------|-------------------------------|----------|-----------------------|----------|-------------------------------|
| Vance        | Número                        | Nº 1     | Nº 2                  | Nº 3     | Número                        |
|              | Longitud                      | 326,00 m | 185,97 m              | 249,04 m | Longitud                      |
|              | Desnivel                      | -6,85 m  | 17,78 m               | -27,84 m | Desnivel                      |
| Vance regul. | Número                        |          | Nº 9                  |          | Número                        |
|              | Cons. de catenaria y longitud |          | K=1123 a 50°C - 186 m |          | Cons. de catenaria y Longitud |
|              | Apoyo inicial y final         |          |                       |          | Apoyo inicial y final         |

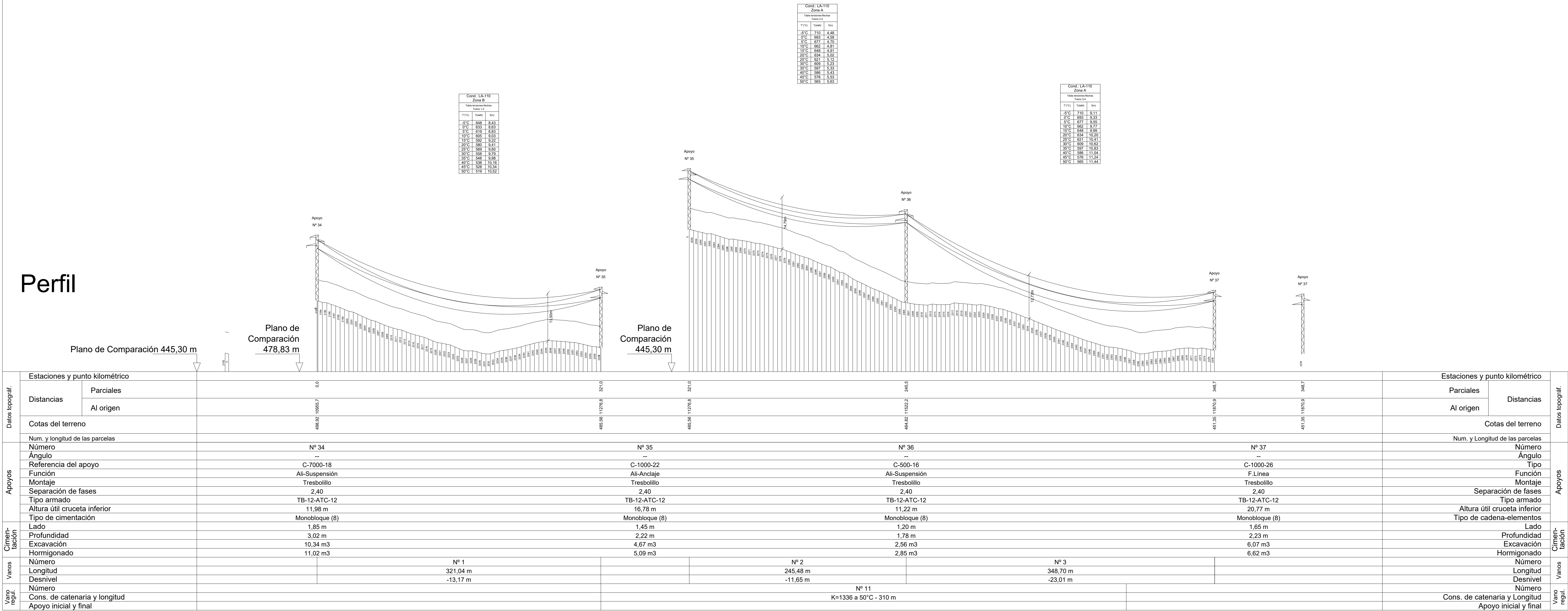
|          |                                                                                                                         |                 |      |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------|
| ESCALA:  | Línea eléctrica de media tensión y centro de transformación para suministro al Castillo Torre Benzalá en Torredonjimeno | Nº PLANO        | 3.12 |
| H 1:2000 | <p align="center"><b>PERFIL DE LA LÍNEA</b></p>                                                                         |                 |      |
| V 1:500  |                                                                                                                         | SUSTITUYE A:    |      |
|          |                                                                                                                         | SUSTITUIDO POR: |      |



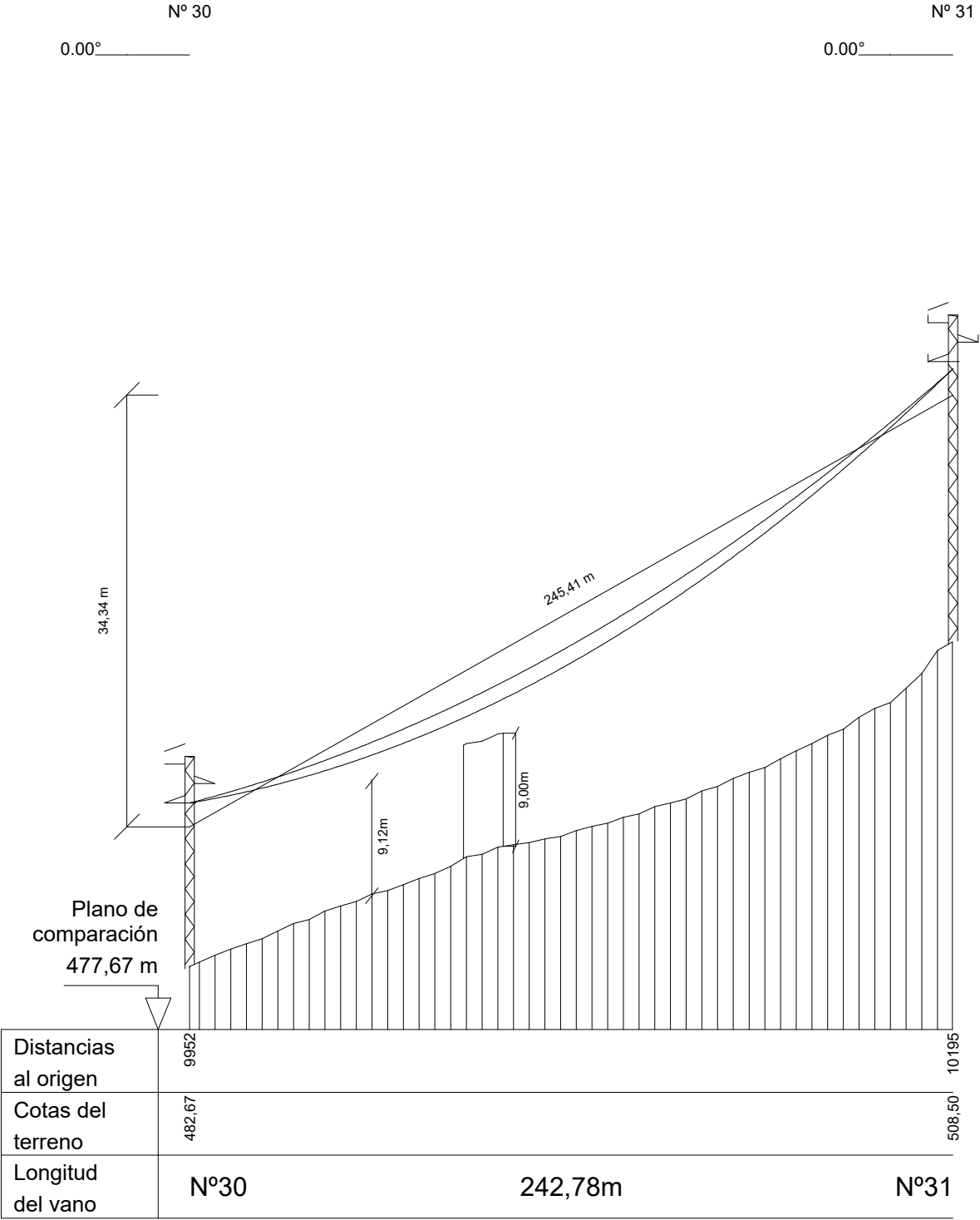
Planta



Perfil





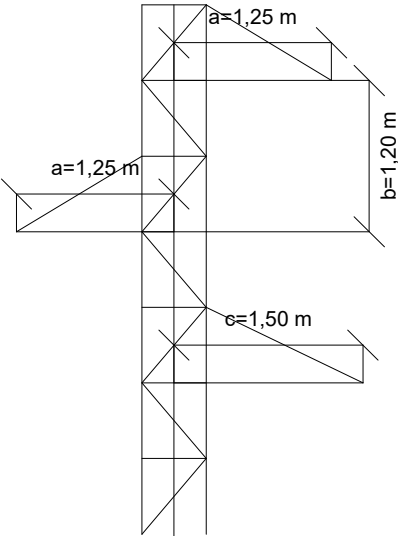


Características de los apoyos:

- Apoyo nº 30: Estrellamiento-0daN-20m, Montaje Tresbolillo, Separación de Conductores 0,00m
- Apoyo nº 31: Alineación-0daN-28m, Montaje Tresbolillo, Separación de Conductores 0,00m

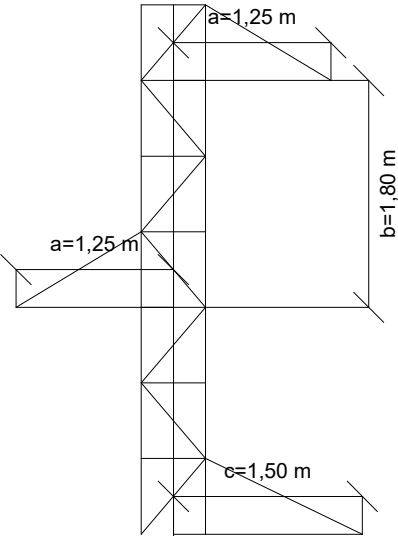
|            |                                                                                                                         |        |       |                                            |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------------------------------------|
|            | FECHA                                                                                                                   | NOMBRE | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA<br>SUPERIOR<br>LINARES |
| DIBUJADO   | 25/08/23                                                                                                                | M.R.C. |       |                                            |
| COMPROBADO |                                                                                                                         |        |       |                                            |
| ESCALA:    | Línea eléctrica de media tensión y centro de transformación para suministro al Castillo Torre Benzalá en Torredonjimeno |        |       | Nº PLANO                                   |
| H 1:2000   | Separata del vano nº 30                                                                                                 |        |       | 4                                          |
| V 1:500    |                                                                                                                         |        |       | SUSTITUYE A:                               |
|            |                                                                                                                         |        |       | SUSTITUIDO POR:                            |

Armado TB-12



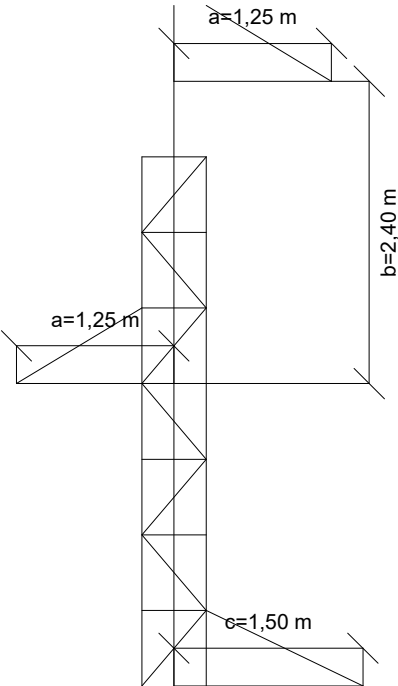
Apoyos nº: 1,2,3,4,5,6,7,14,15,16,17,18,21,22,23,26,27,28,29,32,33,34,35,36,37

Armado TB-18



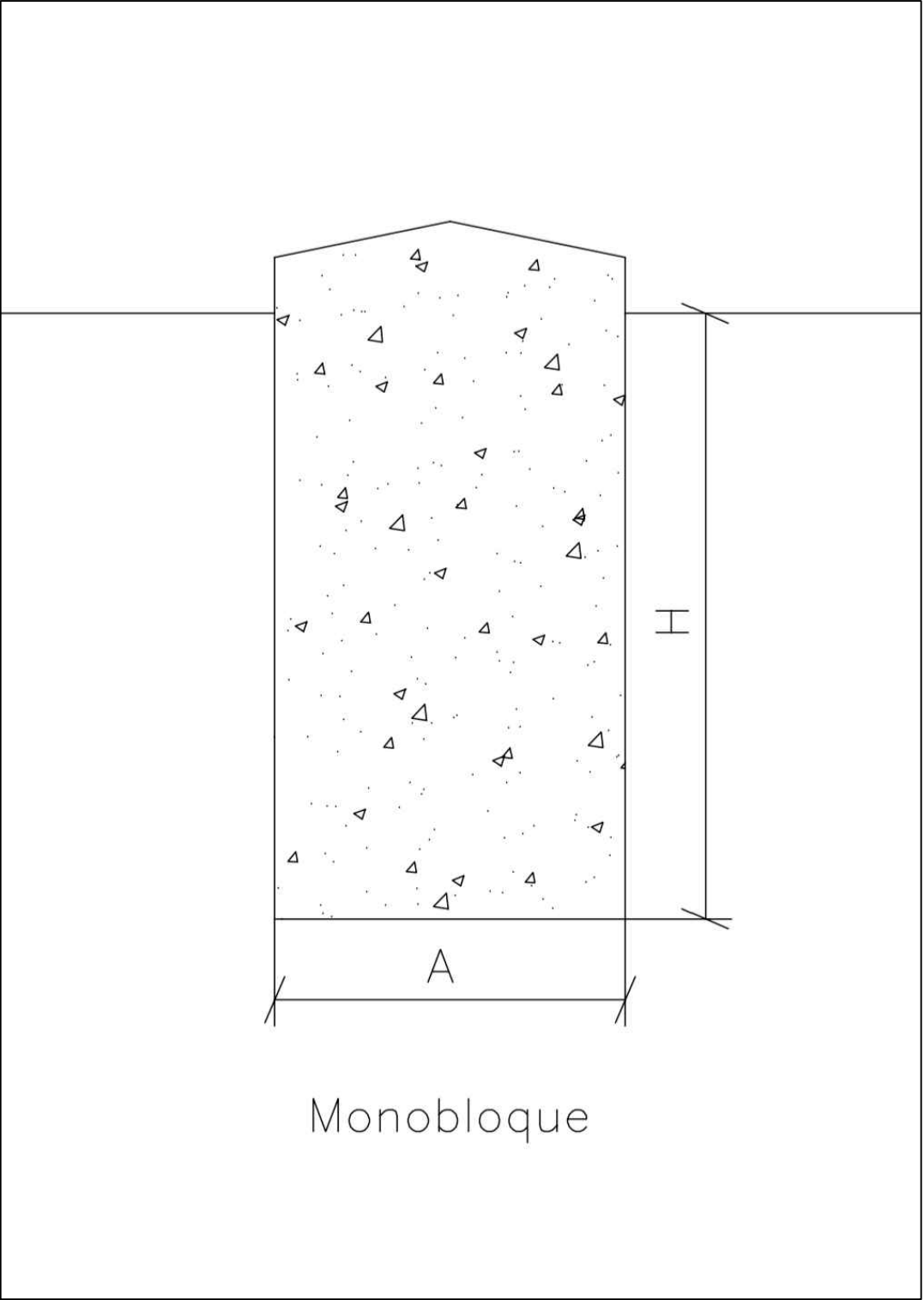
Apoyos nº: 11,12,13,19,20,30,31

Armado TB-24

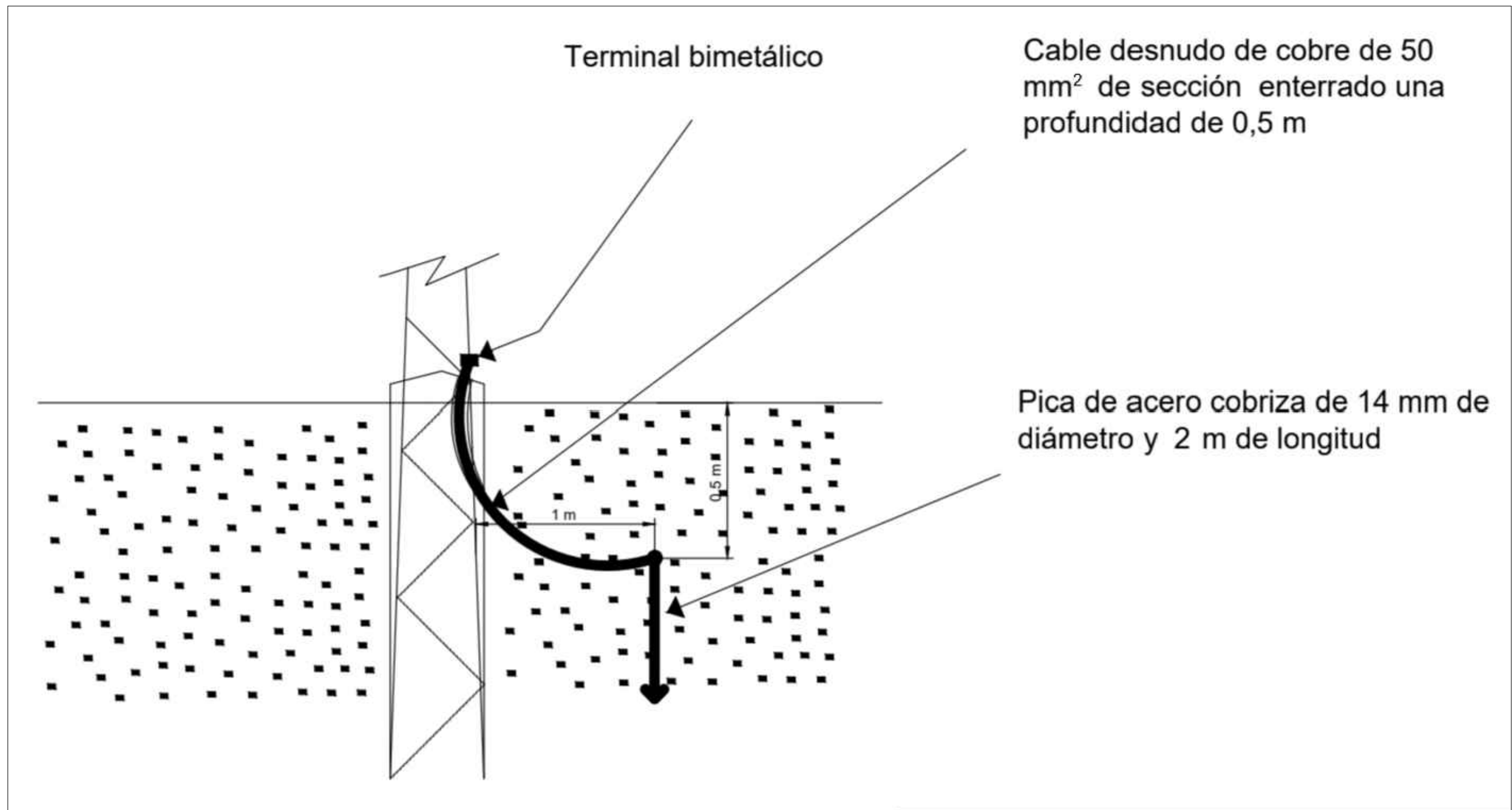


Apoyos nº: 8,9,10,24,25

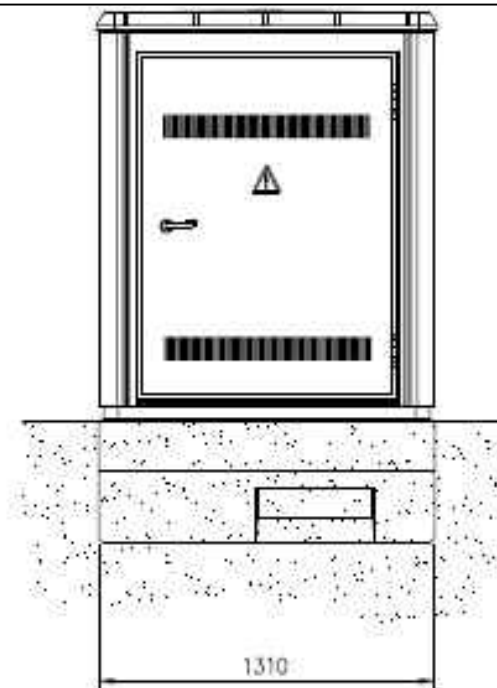
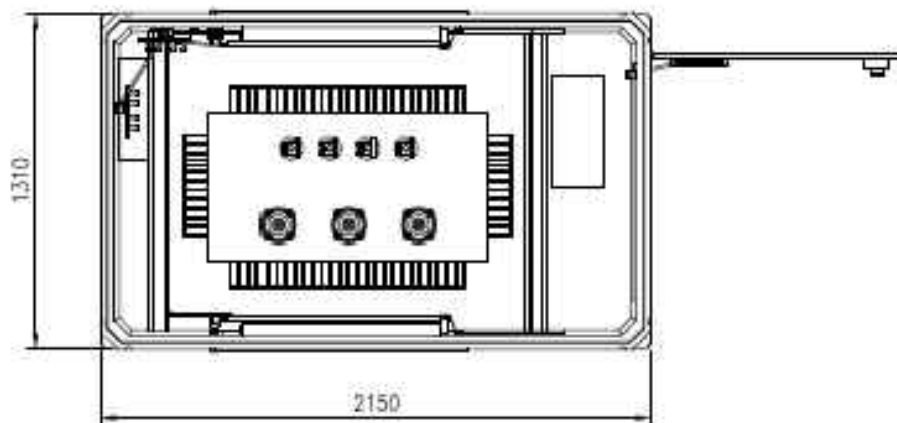
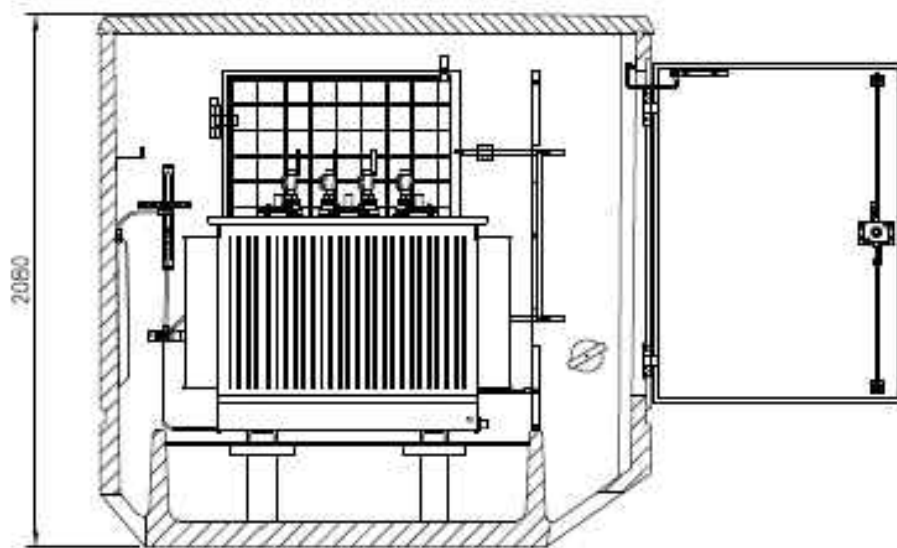
|            |                                                                                                                            |        |       |                                            |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------------------------------------|
|            | FECHA                                                                                                                      | NOMBRE | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA<br>SUPERIOR<br>LINARES |
| DIBUJADO   | 25/08/23                                                                                                                   | M.R.C. |       |                                            |
| COMPROBADO |                                                                                                                            |        |       |                                            |
| ESCALA:    | Línea eléctrica de media tensión y centro de transformación<br>para suministro al Castillo Torre Benzalá en Torredonjimeno |        |       | Nº PLANO                                   |
| H 1:2000   | Armados de los apoyos                                                                                                      |        |       | 5                                          |
| V 1:500    |                                                                                                                            |        |       | SUSTITUYE A:                               |
|            |                                                                                                                            |        |       | SUSTITUIDO POR:                            |



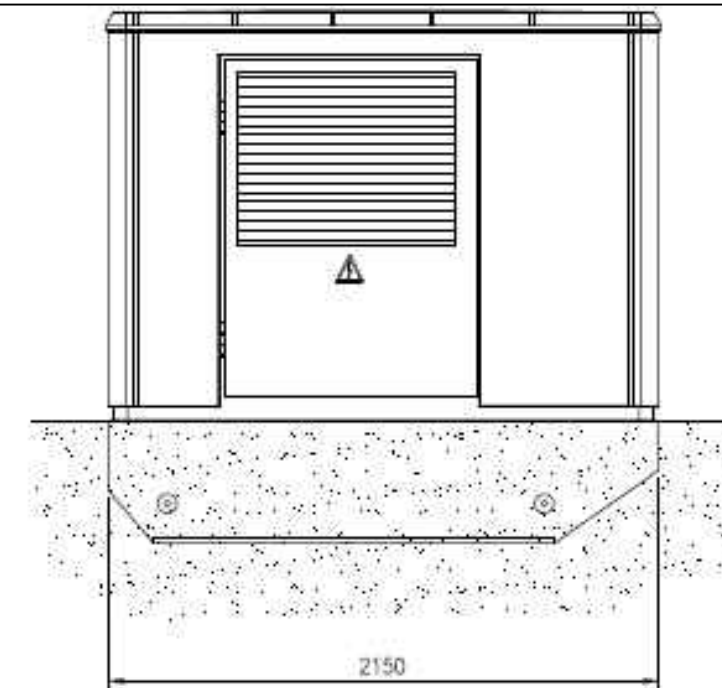
|                |                                                                                                                            |        |       |                                            |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------------------------------------|
|                | FECHA                                                                                                                      | NOMBRE | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA<br>SUPERIOR<br>LINARES |
| DIBUJADO       | 25/08/23                                                                                                                   | M.R.C. |       |                                            |
| COMPROBADO     |                                                                                                                            |        |       |                                            |
| ESCALA:<br>S/E | Línea eléctrica de media tensión y centro de transformación<br>para suministro al Castillo Torre Benzalá en Torredonjimeno |        |       | Nº PLANO<br>6                              |
|                | CIMENTACIÓN MONOBLOQUE                                                                                                     |        |       | SUSTITUYE A:                               |
|                |                                                                                                                            |        |       | SUSTITUIDO POR:                            |



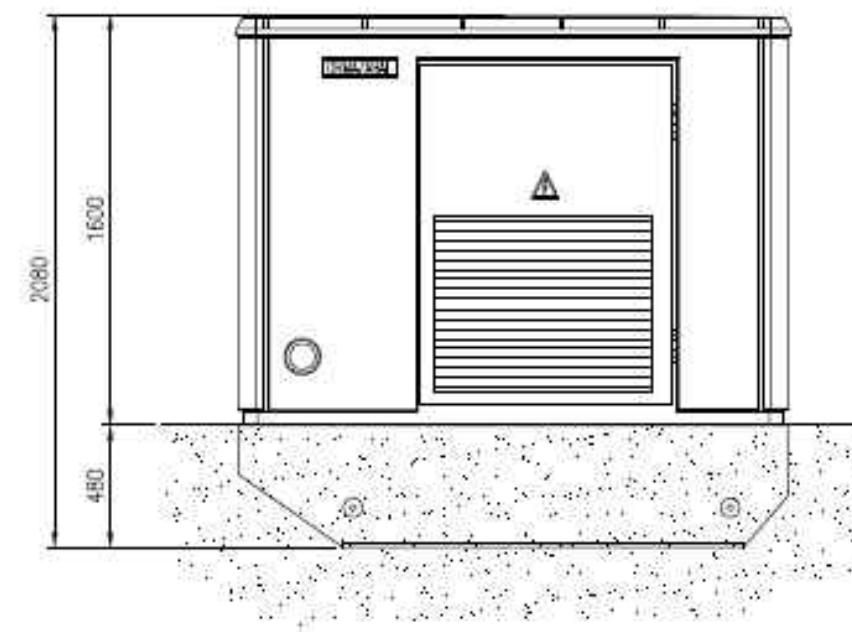
|                |                                                                                                                         |        |       |                                            |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------------------------------------|
|                | FECHA                                                                                                                   | NOMBRE | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA<br>SUPERIOR<br>LINARES |
| DIBUJADO       | 25/08/23                                                                                                                | M.R.C. |       |                                            |
| COMPROBADO     |                                                                                                                         |        |       |                                            |
| ESCALA:<br>S/E | Línea eléctrica de media tensión y centro de transformación para suministro al Castillo Torre Benzalá en Torredonjimeno |        |       | Nº PLANO<br>7                              |
|                | PUESTA A TIERRA APOYOS<br>NO FRECUENTADOS                                                                               |        |       | SUSTITUYE A:                               |
|                |                                                                                                                         |        |       | SUSTITUIDO POR:                            |



VISTA LATERAL  
DERECHA

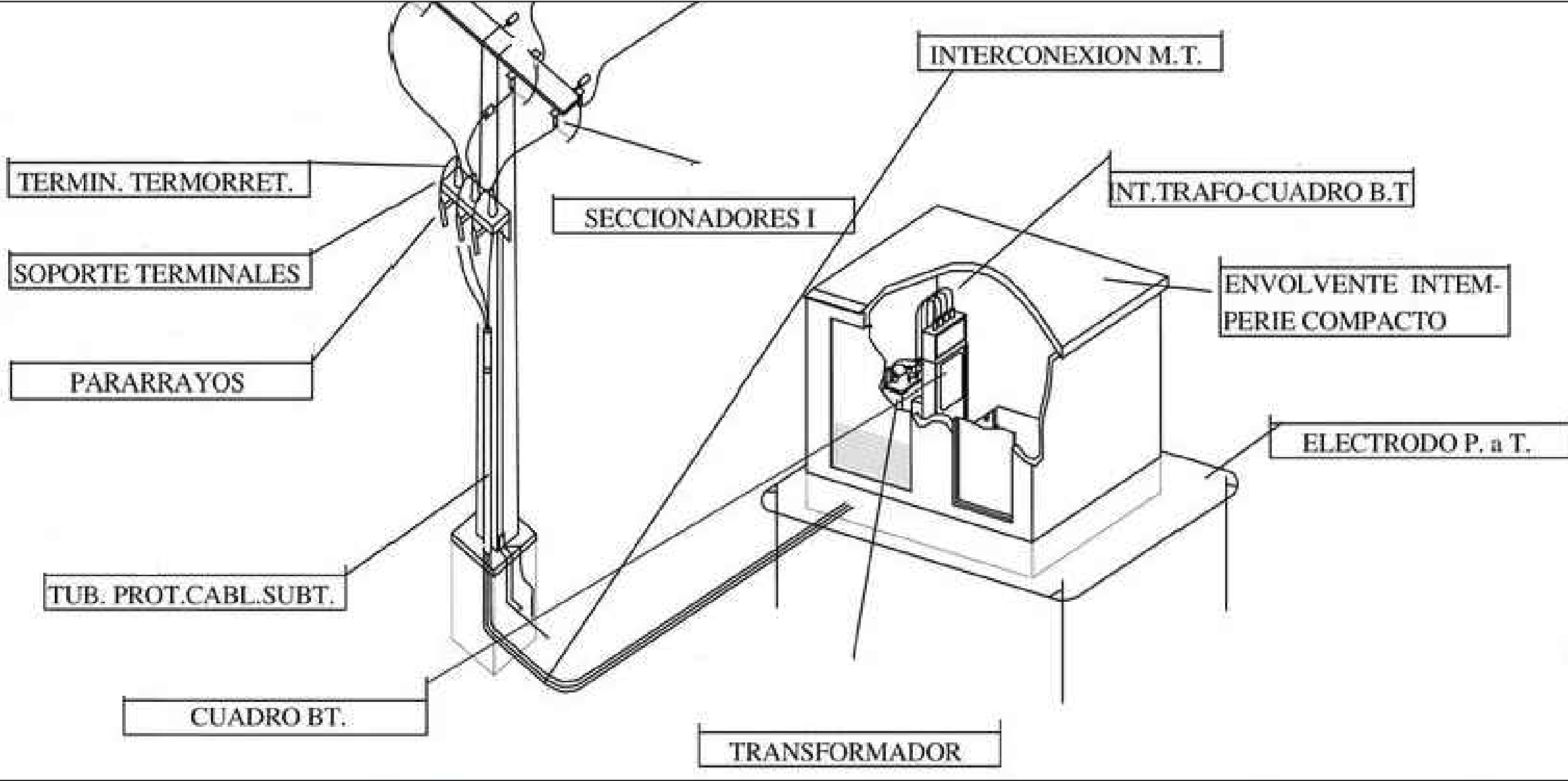


VISTA FRONTAL



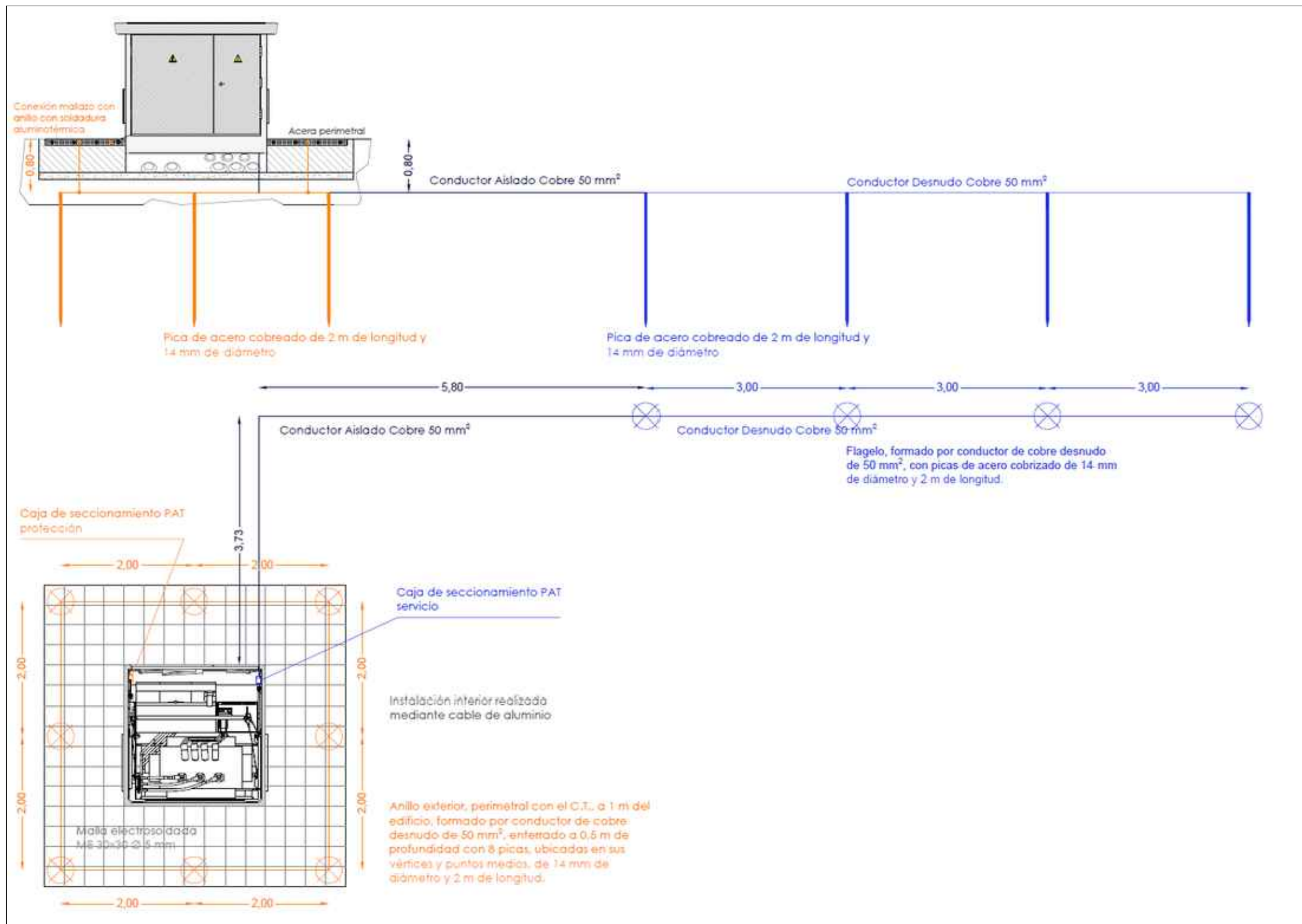
VISTA POSTERIOR

|                 |                                                                                                                            |        |       |                                            |                 |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------------------------------------|-----------------|
|                 | FECHA                                                                                                                      | NOMBRE | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA<br>SUPERIOR<br>LINARES |                 |
| DIBUJADO        | 25/08/23                                                                                                                   | M.R.C. |       |                                            |                 |
| COMPROBADO      |                                                                                                                            |        |       |                                            |                 |
| ESCALA:<br>1:30 | Línea eléctrica de media tensión y centro de transformación<br>para suministro al Castillo Torre Benzalá en Torredonjimeno |        |       |                                            | Nº PLANO<br>8   |
|                 | C. T. C. BAJO POSTE                                                                                                        |        |       |                                            | SUSTITUYE A:    |
|                 |                                                                                                                            |        |       |                                            | SUSTITUIDO POR: |



|                |                                                                                                                                                          |        |       |                                            |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------------------------------------|
|                | FECHA                                                                                                                                                    | NOMBRE | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA<br>SUPERIOR<br>LINARES |
| DIBUJADO       | 25/08/23                                                                                                                                                 | M.R.C. |       |                                            |
| COMPROBADO     |                                                                                                                                                          |        |       |                                            |
| ESCALA:<br>S/E | Línea eléctrica de media tensión y centro de transformación<br>para suministro al Castillo Torre Benzalá en Torredonjimeno<br><br>C. T. C. B. P. y Apoyo |        |       | Nº PLANO<br>9                              |
|                |                                                                                                                                                          |        |       | SUSTITUYE A:                               |
|                |                                                                                                                                                          |        |       | SUSTITUIDO POR:                            |





|                |                                                                                                                         |        |       |                                            |  |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------------------------------------|--|
|                | FECHA                                                                                                                   | NOMBRE | FIRMA | ESCUELA POLITÉCNICA<br>SUPERIOR<br>LINARES |  |
| DIBUJADO       | 25/08/23                                                                                                                | M.R.C. |       |                                            |  |
| COMPROBADO     |                                                                                                                         |        |       |                                            |  |
| ESCALA:<br>S/E | Línea eléctrica de media tensión y centro de transformación para suministro al Castillo Torre Benzalá en Torredonjimeno |        |       | Nº PLANO<br>10                             |  |
|                | Puesta a tierra del C. T. C. B. P.                                                                                      |        |       | SUSTITUYE A:                               |  |
|                |                                                                                                                         |        |       | SUSTITUIDO POR:                            |  |