
ANEJO Nº5.- AFECCIONES

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN	3
2.- AFECCIONES LÍNEAS ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN	3
3.- AFECCIONES RED DE GAS.....	3

APÉNDICE 1: DESVIÓ Y SOTERRAMIENTO LÍNEA 66 Kv. S/C “ALCALA-EMPALME-FASA-RENFE-ACR”

APÉNDICE 2: DESVIÓ Y SOTERRAMIENTO LÍNEAS 132 Kv. D/C “CALONGE-SANTIPONCE-CROS SAN JERONIMO-EMPALME - AGUILA”

APÉNDICE 3: DESVIÓ Y SOTERRAMIENTO LÍNEAS 132 Kv. D/C “RINCONADA-SANTIPONCE” –“SAN JOSE SANTIPONCE”.

ANEJO Nº 05.- AFECCIONES

1.- INTRODUCCIÓN

Sobre el área de actuación, que se corresponde con la urbanización de la Primera Fase del Área Logística de Interés Autonómico de Majarabique, en la provincia de Sevilla, se identifican una serie de afecciones a infraestructuras existentes que será preciso retranquear para poder ejecutar las obras de la urbanización.

2.- AFECCIONES LÍNEAS ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN

El proyecto de Urbanización afecta a tres líneas Aéreas de Alta Tensión:

- línea 66 KV. S/C “ALCALA-EMPALME-FASA-RENFE-ACR”
- línea 132 KV. D/C “CALONGE-SANTIPONCE-CROS SAN JERONIMO-EMPALME - AGUILA”
- línea 132 KV. D/C “RINCONADA-SANTIPONCE” –“SAN JOSE SANTIPONCE”

En los apéndices incluidos en el presente anejo se detallan tanto las memorias descriptivas como las memorias de cálculo de los desvíos y soterramientos propuestos.

3.- AFECCIONES RED DE GAS

El proyecto de Urbanización afecta a una conducción de Gas Natural de acero de 12” alta presión 16 bar.

El trazado de la conducción actual es paralelo a la carretera A-8009, proponiéndose un retranqueo de la red por el viario del sector, según plano de Afecciones, con una tubería del mismo material y diámetro.

APÉNDICE 1: DESVIÓ Y SOTERRAMIENTO LÍNEA 66 Kv. S/C “ALCALA-EMPALME-FASA-RENFE-ACR”

ÍNDICE

1.- MEMORIA DESCRIPTIVA.....	3
1.1.- Objeto del Apéndice.....	3
1.2.- Reglamentación Aplicable.....	3
1.3.- Descripción del Soterramiento	5
1.4.- Normativa Medioambiental	5
1.5.- Descripción y Características de la Instalación	5
1.5.1.- Características de la Instalación Subterránea.....	5
1.5.2.- Trazado y Disposición de las Líneas.....	6
1.5.3.- Características de la Canalización.	7
1.5.4.- Elementos constituyentes de la línea subterránea.....	9
1.5.5.- Apoyos conversiones aereo-subterranea.....	15
2.- MEMORIA DE CALCULO	23
2.1.- Cálculos Mecánicos	23
2.1.1.- Calculos Mecanicos Conductor.....	23
2.1.2.- Flechas Máximas.....	25
2.1.3.- Distancias de Seguridad.....	27
2.1.4.- Calculo De Apoyos.....	28
2.1.5.- Calculo de Cimentaciones.....	36
2.2.- Calculos Electricos Tramo Aereo	38
2.2.1.- Calculo intensidad de defecto y tensión de paso.....	38
2.2.2.- Potencia maxima de transporte.....	39
2.2.3.- Intensidades y caída de tension.....	39
2.2.4.- Perdida de Potencia	39
2.2.5.- Efecto Corona.....	40
2.3.- Cálculos Eléctricos Tramo Subterráneo	42
2.3.1.- Potencia máxima de transporte.....	42

ANEXO 1.- FICHAS DE MATERIALES

1.- MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1.- OBJETO DEL APÉNDICE

El objeto del Apéndice es realizar el soterramiento de la línea 66 KV. S/C “ALCALA-EMPALME-FASA-RENFE-ACR”, a su paso por los terrenos que conformarán *la 1ª fase del ÁREA LOGÍSTICA DE INTERÉS AUTONÓMICO DE MAJARABIQUE (SEVILLA)*, de forma que dichos terrenos queden liberados de la servidumbre para su ejecución.

La línea a desviar es propiedad de Endesa Distribución, por lo que se deberá de solicitar una petición de variante a la citada entidad, de modo que aporte el Pliego de CTE , en el que incluirá la conexión en los extremos de los desvios. Dichas conexiones las deberá de ejecutar Endesa.

El nuevo tramo subterráneo y los apoyos fin de línea serán cedidos a Endesa que los incorporará a su línea.

1.2.- REGLAMENTACIÓN APLICABLE

Para la redacción del presente proyecto se han tenido en cuenta las especificaciones siguientes:

- Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión (R.D. 223/2008, 15 Febrero).
- Ley del Sector Eléctrico (Ley 54/1997, 27 Noviembre). Ley 17/2007, de 4 de julio.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de Diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimiento de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación (R.D. 3275/1982, 12 Noviembre), así como las Órdenes de 6 de julio de 1984 y de 18 de octubre de 1984 por las que se aprueban las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre dicho reglamento y sus actualizaciones posteriores.
- Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.

- Decreto 178/2006, de 10 de octubre, de la Junta de Andalucía, por el que se establecen normas de protección de la avifauna para las instalaciones eléctricas de alta tensión.
- Normativa particular de Endesa Distribución Eléctrica aplicable.
 - LDZ001 - Criterios de Diseño de Líneas Aéreas de Alta Tensión.
 - LME001 - Procedimiento para la construcción de líneas aéreas de A.T.
 - KDZ001 - Criterios de diseño de los sistemas subterráneos de alta tensión.
 - KNE 001 - Cables subterráneos de Alta Tensión
 - KNE 002 - Empalmes para cables subterráneos de Alta Tensión
 - KNE 003 - Terminales para cables subterráneos de Alta Tensión
 - KMZ 001 - Procedimiento de control de calidad para instalaciones subterráneas de Alta Tensión
 - KME 001 - Instrucciones generales de montaje de empalmes y terminales para cables subterráneos de Alta Tensión
 - KMH 001 - Ejecución de Obra Civil para instalaciones subterráneas de Alta Tensión
 - KEZ 001 - Procedimiento de Mantenimiento para revisión de líneas subterráneas de Alta Tensión
 - KME 002 - Ensayos de puesta en servicio en instalaciones subterráneas de Alta Tensión
 - UNE 21144 (CEI 287) - Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Partes 1, 2 y 3
 - UNE 21-192 (CEI 949) - Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático.
 - UNE 21-191 (CEI 853) - Cálculo de las capacidades de transporte de los cables para regímenes de carga cíclicos y sobrecarga de emergencia. Régimen cíclico para cables de tensiones superiores a 18/30 (36) kV y regímenes de emergencia para cables de todas las secciones.
 - Normas UNE
- Disposiciones municipales que afecten a este tipo de instalaciones.
- RD 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

- Decreto 73/2012, de 22 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Residuos de Andalucía.
- Decreto 397/2010, de noviembre, por el que se aprueba el Plan Director Territorial de Residuos No Peligrosos de Andalucía 2010-2019.

1.3.- DESCRIPCIÓN DEL SOTERRAMIENTO

La actuación consistirá en la implantación de dos apoyos fin de línea (denominados en planos como nº 6 y 7), de forma que se realizará el tendido subterráneo entre dichos apoyos, ejecutando los correspondientes pasos aéreo-subterráneo, desmontando el trazado aéreo comprendido entre ellos, según se puede observar en planos adjuntos.

1.4.- NORMATIVA MEDIOAMBIENTAL

No será preciso tramite Medio Ambiental alguno para la modificación de la línea 66 KV. S/C "ALCALA-EMPALME-FASA-RENFE-ACR",.

Según la Ley 7/2007 de 9 de Julio de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, en el punto nº 2.17 de su Anexo I, indica que para el caso de la construcción de líneas aéreas para el suministro de energía eléctrica de longitud inferior a 3.000 m, no se requerirá Calificación Ambiental si se da el siguiente caso:

Sustituciones de líneas aéreas que no se desvíen de la traza más de 100 metros.

Por lo anteriormente indicado, este proyecto no requiere de dicho estudio de Calificación Ambiental.

1.5.- DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

1.5.1.- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN SUBTERRÁNEA

Longitud entre terminales	720 m
Tensión nominal	66 kV
Número de circuitos	1
Número de cables	6
Intensidad de cortocircuito en el conductor	160 kA

Intensidad de cortocircuito en la pantalla	22 kA
Tiempo de accionamiento de la protección del cable	0,5 seg.
Tipo de canalización	Bajo tubo
Disposición de los cables	Tresbolillo
Profundidad de instalación a eje de tubular	1250 mm
Conexión de pantallas	Single point

1.5.2.- TRAZADO Y DISPOSICIÓN DE LAS LÍNEAS.

El trazado subterráneo se inicia en el nuevo apoyo nº 6 de conversión aéreo- subterráneo. Desde este apoyo la línea discurrirá subterránea por los viales de la urbanización, terminando en el apoyo nº 7, a partir del cual continuará el actual trazado aéreo., como se refleja en el plano de planta que se acompaña.

En la línea subterránea no es necesario realizar empalmes en el cable aislado debido a la longitud de la misma.

La elección de hacer una conexión a tierra en un punto (Single point) del circuito queda justificada por la longitud del mismo.

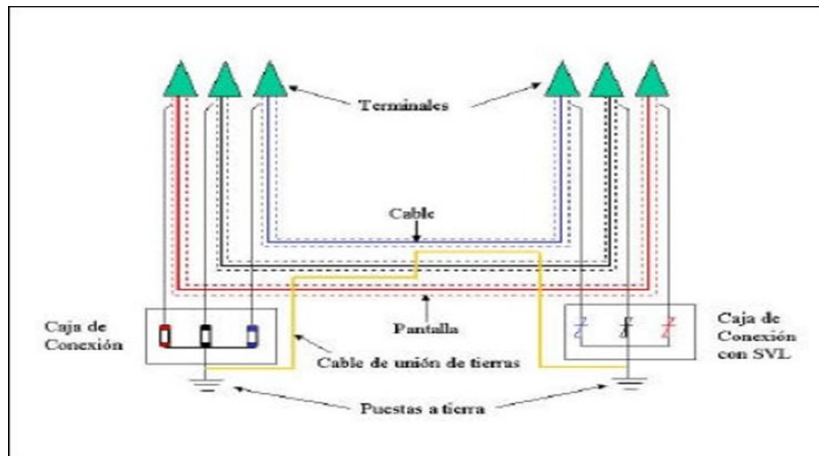
Las fases estarán dispuestas en triángulo, y cada uno de los cables irá por el interior de un tubo de polietileno de doble capa, quedando todos los tubos embebidos en un prisma de hormigón.

La zanja por la que van a discurrir los cables debe responder a lo especificado en la norma de Endesa Distribución "Criterios de diseño de líneas subterráneas de alta tensión".

Se realizará una conexión a tierra en un solo punto (single point) en el extremo del circuito (end point bonded).

En este tipo de conexión, las pantallas están conectadas a tierra en un extremo del trazado. En todos los otros puntos, las pantallas están aisladas de tierra. La pantalla que ha sido aislada de tierra tendrá una tensión inducida proporcional a la longitud del circuito, a la intensidad que pase por el conductor y a la separación entre cables. Esta tensión tendrá el valor máximo en el punto más alejado de la conexión a tierra. Debido a que el circuito no está cerrado, se eliminan las circulaciones de corrientes por las pantallas.

En la conexión single point existe también un cable adicional de continuidad de tierra para las corrientes de fallo. A continuación se muestra un esquema del tipo de conexión a utilizar.



1.5.3.- CARACTERÍSTICAS DE LA CANALIZACIÓN.

Los conductores subterráneos van a discurrir en todo el recorrido por una nueva canalización, que debe responder a lo especificado en la norma de Endesa Distribución “Criterios de diseño de líneas subterráneas de alta tensión”.

Las líneas soterradas mediante la ejecución de zanjas siempre se instalarán bajo tubo, de forma que los cables vayan por el interior de tubos de polietileno de doble capa, los cuales quedarán siempre embebidos en un prisma de hormigón que sirve de protección a los tubos y provoca que éstos estén rodeados de un medio de propiedades de disipación térmica definidas y estables en el tiempo.

Las fases estarán dispuestas en triángulo.

El tubo de polietileno de doble capa (exterior corrugada e interior lisa) que se disponga para los cables de potencia tendrá un diámetro interior como mínimo 1.5 veces el diámetro del cable a tender, para que el cable pueda entrar sin dificultad y quepa también la mordaza que ha de sujetarlo para el arrastre, no tomándose tubos de diámetros exteriores inferiores a 160 mm. En general, se utilizará el tubo de 160 mm para sistemas de 45kV y 66kV y el de 200 mm para sistemas de 132 kV.

Se instalará un tubo liso de polietileno de alta densidad de 63 mm de diámetro para la colocación de los cables de comunicaciones de fibra óptica.

En las zonas donde se quiera instalar una puesta a tierra Single Point, se colocará otro tubo liso de polietileno de alta densidad de 63 mm de diámetro para la instalación del cable de cobre. En estos casos, como el cable de cobre debe cambiar su ubicación de un lado a otro de la línea a mitad de recorrido, los cables de fibra óptica también pasarán al otro lado en ese mismo punto, con lo que con dos tubos de 63 mm se instala tanto la fibra óptica como el cable de cobre para la puesta a tierra. Estos cambios del cable de cobre y de la fibra óptica de un tubo al otro se realizarán coincidiendo con una cámara de empalme.

La profundidad de la zanja a realizar para el soterramiento de la línea subterránea de alta tensión, salvo cruzamientos con otras canalizaciones que obliguen a variar la profundidad de la línea, se establece a partir de 1,25 metros.

La anchura de la zanja a realizar para el soterramiento de la línea subterránea de alta tensión será tal que los tubos de polietileno corrugado de doble capa, en donde se instalan los cables de potencia, tengan un recubrimiento lateral de hormigón de 10 cm, y de forma que en el caso de doble circuito se mantenga una distancia entre ternas de 60 cm

Cuando el tendido se haga por zonas sin urbanizar donde no se puedan tomar referencias fijas, EDE decidirá para cada caso concreto sobre la necesidad de efectuar la señalización exterior del trazado de cables subterráneos mediante la colocación de placas de señalización a lo largo del tendido, tomando como referencia la norma de EDE *KMH 001 "Ejecución de Obra civil para líneas subterráneas de Alta Tensión"*.

- Además de lo anterior, las canalizaciones en zanjas se ejecutarán de forma que:

Se colocará una solera de hormigón HM-20 de 5 cm de espesor para el asiento de los tubos.

Las tierras de relleno deberán alcanzar como mínimo un grado de compactación del 95% Proctor Modificado.

La cinta de señalización, referenciada en la norma ETU 205A, que servirá para advertir de la presencia de cables de alta tensión, se colocará a unos 20 cm por encima del prisma de hormigón que protege los tubos.

Se aconseja, además, la instalación de balizas para el marcado de la zanja y su posterior detección. Estas balizas ofrecen un método preciso, práctico y duradero para el marcado del trazado, pudiéndose programar para la inclusión de información específica, como los detalles de la instalación, el tipo de aplicación, tipo de material, fecha de colocación y otros detalles relevantes.

Las balizas han de operar incluso en presencia de conductos o tuberías de metal, otros conductores metálicos, alambradas, líneas de energía y balizas electrónicas de otros servicios y serán de color rojo (estándar APWA), lo que permitirá, además, cierta referencia visual de la tipología de elemento balizado (naranja – telefonía, azul – agua,...).

Se instalarán, como mínimo, balizas en los cambios de dirección, en los empalmes y cada 50 metros (a 50 m de la baliza anterior), a unos 0,7 m de profundidad (sobre el hormigón de protección, en el centro de la cara superior del prisma) y se programarán, al menos, con la siguiente información: Código de Baliza (existente por defecto), Nombre de Línea, Tensión y Tipo de ubicación (en traza, cambio dirección, empalme).

1.5.4.- ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA

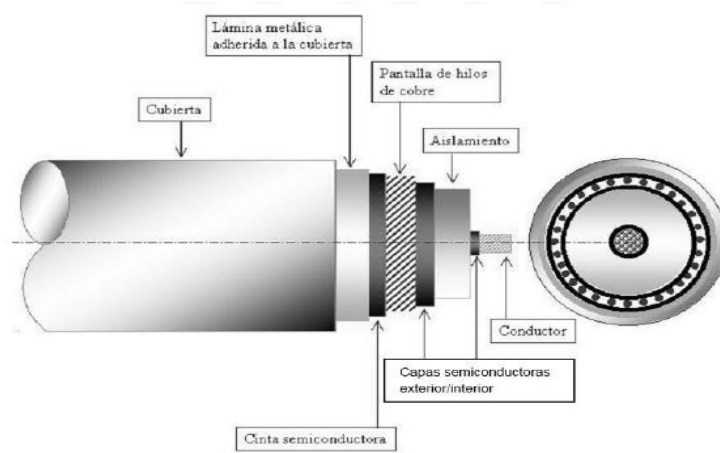
1.5.4.1 Cable aislado de potencia

La línea de 66 kV está constituida por dos ternas de cables dispuestos en triángulo.

El cable está constituido por los siguientes elementos::

- Conductor: Conductor de aluminio clase 2 de 1.000 mm² de sección. El conductor será de sección circular compacta con obturación longitudinal y de acuerdo con UNE 21022.
- Semiconductor interior: Formado por una cinta semiconductor opcional de empaquetamiento sobre el conductor para evitar la penetración en el interior de la cuerda del compuesto extruido. Sobre esta cinta, capa de compuesto semiconductor. Esta capa sirve para uniformizar el campo eléctrico a nivel de conductor y para asegurar que el conductor presenta una superficie lisa al aislamiento.
- Aislamiento: Compuesto de XLPE reticulado en atmósfera de N₂. El compuesto está sometido a un riguroso control de ausencia de contaminaciones. La mayor ventaja del XLPE sobre otros compuestos es que el cable aislado con XLPE puede trabajar a más altas temperaturas (90°C para el XLPE versus por ejemplo a 70°C para el PE), y este hecho tiene un efecto muy importante sobre la intensidad admisible que el cable puede transportar.
- Semiconductor exterior: Capa de compuesto semiconductor extruido sobre el aislamiento y adherido al mismo para evitar la formación de una capa de aire ionizable entre la pantalla y la superficie de aislamiento. Esta capa sirve para asegurar que el campo eléctrico queda confinado en el aislamiento.
- Proceso de extrusión: La extrusión se debe realizar sobre un cabezal triple, donde se aplican las 3 capas extruidas (semiconductor interior, aislamiento y semiconductor exterior) en el mismo momento. Esto garantiza interfases lisas entre el aislamiento y las pantallas semiconductoras que es esencial en cables de AT. La reticulación se realiza en seco en atmósfera de gas inerte (N₂) para evitar el contacto con el agua durante la fabricación.
- Material obturante: Incorporación de material absorbente de la humedad para evitar la propagación longitudinal de agua entre los alambres de la pantalla.
- Pantalla metálica: Pantalla de alambres de cobre de 120 mm² de sección.
- Contraespira: Cinta metálica cuya función es la conexión equipotencial de los alambres.
- Cubierta exterior: Cubierta exterior de poliolefina (PE) tipo ST 7 con lámina de aluminio longitudinalmente solapada y adherida a su cara interna para garantizar la estanqueidad radial.

La cubierta será de color negro y estará grafitada, para poder realizar el ensayo de tensión sobre la cubierta del cable.



CARACTERÍSTICAS, COMPOSICIÓN Y DIMENSIONES DEL CABLE

- Sección del conductor 1.000 mm²
- Material del conductor: Aluminio
- Material del aislamiento: XLPE
- Tipo de pantalla: hilos de cobre
- Sección de la pantalla 95 mm²
- Material de cubierta: Poliolefina
- Diámetro del conductor 38,5 mm

Dimensiones

- Diámetro del conduc. incluida la pantalla semiconductora 41,5 mm
- Espesor de aislamiento 9,0 mm
- Diámetro sobre aislamiento 60,5 mm
- Diámetro sobre pantalla 62,5 mm
- Espesor de la cubierta 3,5 mm
- Diámetro exterior nominal 73,0 mm

Características eléctricas

- Tensión nominal U₀/U 36/66 kV
- Tensión ensayo frecuencia industrial 30 m conductor-pantalla 72,5 kV
- Tensión soportada a los impulsos 325 kV(valor de cresta)
- Resistencia del conductor en c.c. a 20°C 0,0291ohm/Km
- Resistencia de la pantalla en c.c. a 20°C 0,1815 ohm/Km
- Capacidad nominal del cable 0,385 µF/km
- Temperatura nominal máx. del conductor en servicio normal 90°C
- Temperatura nominal máxima del conductor en condiciones de cortocircuito 250°C

Características mecánicas

- Radio mínimo de curvatura durante el tendido 1.460 mm
- Radio mínimo de curvatura en posición final 1.095 mm
- Peso aproximado del cable 6,2 Kg/m

- Esfuerzo máximo a la tracción 3.000 daN

Características de la instalación en régimen permanente

Las características eléctricas de la línea, obtenidas a partir de la disposición física y de los datos de partida (temperatura de conductor, temperatura de pantalla, temperatura del terreno, resistividad del terreno, etc.) mostrados en el Anexo de Cálculo, son los siguientes:

- Constante de efecto skin y de proximidad..... 1
- Tangente delta 0,001
- Constante dieléctrica relativa 2,5
- Factor de pérdidas en la pantalla
- Fase 1 (Solidly Bonded S/C) 1,161
- Fase 2 (Single Point D/C) 0,011
- Resistencia conductor en c.a. a temperatura de servicio 0,0397 ohm/Km
- Resistencia pantalla en c.a. a temperatura de servicio 2,2484 ohm/Km
- Pérdidas en el conductor
- Fase 1 (Solidly Bonded S/C) 13,23 W/m
- Fase 2 (Single Point D/C) 18,46 W/m
- Pérdidas en el dieléctrico 0,1758 W/m
- Pérdidas en la pantalla
- Fase 1 (Solidly Bonded S/C) 15,37 W/m
- Fase 2 (Single Point D/C) 0,21 W/m
- Resistencias térmicas:
- T1 0,2917 K·m/W
- T2 0 K·m/W
- T3 0,052 K·m/W
- T4 Fase 1 (Solidly Bonded S/C) 2,0678 K·m/W
- T4 Fase 2 (Single Point D/C) 2,0906 K·m/W
- Intensidad máxima admisible
- Fase 1 (Solidly Bonded S/C) 577 A
- Fase 2 (Single Point D/C) 682 A

- • Potencia máxima admisible
- Fase 1 (Solidly Bonded S/C) 66 MVA
- Fase 2 (Single Point D/C) 78 MVA

Características de la instalación en régimen de cortocircuito

Las características, obtenidas a partir del cálculo adjunto en el documento de anexos, son las siguientes:

- Temperatura inicial del conductor en el c.c. 250°C
- Temperatura final del conductor en el c.c. 90°C
- Duración del cortocircuito en el conductor 0,5 s
- Intensidad máxima de cortocircuito en el conductor 133 kA
- Temperatura inicial de la pantalla en el c.c. 210°C
- Temperatura final de la pantalla en el c.c. 80°C
- Duración del cortocircuito en la pantalla 0,5 s
- Intensidad máxima de cortocircuito en la pantalla 18 KA

1.5.4.2 Conductor acompañamiento de tierras

En el tramo subterráneo, para realizar la conexión de pantallas de tipo Single-Pointllevará un cable de continuidad de tierras de 95 mm² de cobre.

1.5.4.3 Terminales

En los apoyos de conversión aéreo-subterránea se instalarán botellas terminales de exterior, de tipo contráctil en frío, para cable 36/66 kV 1x1.000 mm² Al. Tendrán las siguientes características eléctricas:

- Tensión asignada 66 kV
- Tensión más elevada 72,5 kV
- Tensión ensayo (U₀) 36 kV
- Tensión a impulsos (U_p) 325 kV
- Corriente cortocircuito (0,5 sg) 133 kA.
- Línea de fuga 31 mm/kV.

1.5.4.4 Cajas de conexión

Es una caja de conexión con tapa practicable de chapa de acero inoxidable para fijación sobre torre o pórtico a la intemperie. Esta envolvente proporciona un grado de protección IP54 s/ EN 60529. Dispone de dos prensaestopas; uno para la entrada del cable unipolar conectado a la pantalla del cable de alta en el terminal en su cara superior y el segundo para el cable conectado a la toma de tierra del sistema en su base.

El terminal engastado en el conductor del cable de pantalla está soportado mediante un aislador. Ello permite disponer de pantalla aislada para la realización de ensayos o bien mediante una pletina efectuar el puente para conectar directamente la pantalla a tierra.

La apertura y cierre de la tapa requiere el uso de llave para evitar la apertura indebida de la misma.

1.5.4.5 Autoválvulas-pararrayos

Para proteger los cables contra las sobretensiones provocadas por descargas atmosféricas se instalará una autoválvula o pararrayos en cada uno de los extremos de los cables unipolares. La autoválvula será de óxido de zinc como elemento activo y con contador de descargas. Las características exigidas serán las siguientes:

- Tensión de red 66 kV
- Tensión de servicio continuo (Uc) 48 kV
- Tensión asignada 60 kV
- Tensión más elevada 72,5 kV
- Tensión aislamiento frec. Indust/tipo rayo 140/325 kV
- Corriente de prueba del limitador de presión 0,2 seg < 31,5 kA
- Tensión residual máxima con onda de corriente 1/5 μ s y 10 KA < 222 kV
- Tensión residual máxima con onda de corriente 8/20 μ s y 10 kA <198 kV
- Corriente de descarga nominal con onda 8/20 μ s 10 kA.
- Línea de fuga igual a la exigida para los terminales.
- Material del aislador polimérico.

La conexión a tierra del pararrayos no podrá efectuarse a través de la estructura del propio apoyo, sino que dispondrá de una línea de tierra propia. De esta forma se minimiza la impedancia en caso de descarga.

1.5.5.- APOYOS CONVERSIONES AEREO-SUBTERRANEA

1.5.5.1 Características de los apoyos

Los nuevos apoyos serán metálicos en celosía con armado doble circuito y cúpula para la instalación de cable de fibra óptica OPGW.

Los materiales para perfiles de acero cumplirán la norma UNE-EN 10025. Los perfiles, cuya anchura mínima será de 40 mm, y el resto de componentes (presillas, casquillos y placas base, etc.), serán fabricados según la norma UNE-EN 10056 con acero AE 275-B (S 275 JR) ó AE355-B (S 355 J0) de límite elástico $R = 275$ ó 355 N/mm² respectivamente.

Los tornillos empleados serán del tipo M-14 o superior y de calidad mínima de 5.6 garantizada.

La composición de la materia prima, la designación y las propiedades mecánicas cumplirán la norma UNE 17115:2010. Asimismo se ajustarán a lo prescrito en dicha norma las dimensiones de los tornillos, las longitudes de apriete, arandelas y las tuercas hexagonales.

PROTECCIÓN DE SUPERFICIES DE LOS APOYOS

Todos los apoyos tendrán protección por galvanizado en caliente. El galvanizado por inmersión en caliente se hará de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 1461:1999.

La superficie presentará una galvanización lisa adherente, uniforme, sin discontinuidad y sin manchas.

DIMENSIONES DE LOS APOYOS

Los nuevos apoyos a instalar serán del tipo fin de línea de paso a subterráneo, doble circuito y seguridad reforzada, adecuadamente dimensionado para la tensión del conductor y del cable de tierra. En función de las necesidades de cada ubicación y de las condiciones de utilización previstas se colocarán los siguientes apoyos:

• Función del apoyo Nº de apoyo (según plano) Tipo de apoyo		
Fin de línea D/C.	6	CEFIRO-60-20-TH20a
Fin de línea D/C.	7	CEFIRO-60-20-TH20a

Estos apoyos, relacionados en planos adjuntos, estará dotado de los herrajes necesarios para el anclaje de los terminales, autoválvulas, bajadas de cable, y demás accesorios necesarios.

La distancia entre fases viene dada por la distancia a mantener de los conductores entre sí, de acuerdo al apartado 5.4.1 de la ITC.LAT-07 del reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en las líneas eléctricas de alta tensión, en los vanos de la línea aérea. Esta distancia entre fases se ha dimensionado a 5 metros, distancia suficiente para el montaje de las botellas terminales.

La altura elegida de los apoyos viene dada por la distancia mínima reglamentaria a mantener al terreno y demás obstáculos por los conductores de la línea aérea.

1.5.5.2 Conductores del tramo aéreo

La línea aérea 66 KV. S/C "ALCALA-EMPALME-FASA-RENFE-ACR" está dotada de un conductor de aluminio-acero, del tipo LA 145 que se mantiene en la modificación proyectada y cuyas características son las siguientes:

Sección	147,1 mm ²
• Diámetro	15,75 mm
• Composición (nº alambres x diámetro)	30xΦ2,25 Al / 7xΦ2,25 acero
• Carga de rotura	5.410 daN
• Resistencia eléctrica a 20°C	0,2422 ohm/Km
• Peso	548 Kg/Km
• Módulo de elasticidad	7.000 daN/mm ²
• Coef. Dilatación líneal	17,8x10 ⁻⁶ °C ⁻¹

CABLE DE TIERRA DEL TRAMO AÉREO

Para protección frente a las descargas atmosféricas y para comunicaciones la línea aérea estará dotada de un cable compuesto tierra-fibra óptica, del tipo OPGW. Para que la protección contra las descargas atmosféricas sea eficaz se dispondrá la estructura de la cabeza de las torres a instalar de forma que el ángulo que forma la vertical que pasa por el punto de fijación del cable de tierra, con la línea determinada por este punto y el conductor no exceda de 35°.

Todas las características de este cable de tierra deberán responder a lo especificado en la Norma de Endesa Distribución GE NNJ001. Las características principales son las siguientes:

- Denominación OPGW
- Nº de fibras 48
- Sección 78,9 mm²

- Diámetro 13,4 mm
- Carga rotura 5.500 daN
- Peso 650 Kg/Km
- Módulo elasticidad 11.640 daN/mm²
- Coeficiente dilatación 17,6°C-1
- Resistencia eléctrica a 20°C 0,1194 Ω/Km
- Cortocircuito en 0,3 s 17 kA

1.5.5.3 Cadena de aislamiento

El aislamiento estará dimensionado mecánicamente para el conductor LA-145, garantizando un coeficiente de seguridad a rotura superior a 3, y eléctricamente para 66 kV. Éste constará de cadenas sencillas de aisladores de composite. Las características son las siguientes:

- Denominación CS 100 SB 325/2.250 – 762
- Material Composite
- Carga de rotura electromecánica y mecánica 100 kN
- Longitud del aislador 762 mm
- Nivel de polución Fuerte
- Diámetro nominal máximo de la parte aislante 200 mm
- Norma de acoplamiento 16 A

La normativa aplicable para la fabricación de estos aisladores será:

- Norma GE LNE002 de EDE – Aisladores compuestos para líneas aéreas de A.T. de tensión nominal superior a 30 kV.
- UNE 21.909.- Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.
- UNE-EN 61.466.- Clases mecánicas y acoplamientos de extremos normalizados.
- UNE-EN 61.109.- Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.

Las características eléctricas del aislador son las siguientes, según CEI 61109:

- Tensión mantenida a frecuencia industrial bajo lluvia 140 kV
- Tensión mantenida a impulso tipo rayo 1,2/50micros 325 kV
- Longitud línea de fuga 2.250 mm

- Línea de fuga específica 31 mm/Kv

Con estos aisladores se garantizan los niveles de aislamiento determinados por el R.L.A.T.

Herrajes para el conductor

Se engloban bajo esta denominación todos los elementos necesarios para la fijación de los aisladores a los apoyos y a los conductores, los de protección eléctrica de los aisladores y los accesorios del conductor como antivibradores, separadores, manguitos.

Se elegirán su comportamiento frente al efecto corona y serán fundamentalmente de acero forjado, protegido de la oxidación mediante galvanizado a fuego. Deberán tener un coeficiente de seguridad mecánica no inferior a 3 respecto a su carga mínima de rotura.

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

Cumplirán las normas siguientes:

- Norma GE LNE005 de EDE – Herrajes y accesorios para líneas aéreas de A.T. detensión nominal superior a 30 kV.
- Norma GE LNE006 de EDE – Cadenas de herrajes para líneas aéreas de A.T. detensión nominal superior a 30 kV.
- UNE-EN 61.28 – Requisitos y ensayos para herrajes de líneas eléctricasaéreas
- UNE 207009 – Herrajes y elementos de

fijación y empalme para líneas eléctricasaéreas de alta tensión.

Su composición, sus cargas de rotura y esfuerzos máximos a los que pueden ser sometidos serán los indicados en la norma GE LNE006 de EDE.

Denominación cadena	Tipo de conductor	Cadena normalizada	Carga de rotura mínima (daN)	Carga de rotura mínima de grapa (daN)
Cadena de amarre sencilla conductor sencillo atornillada	LA-145	ASTX180	12.000	6.700

La composición de la cadena es la siguiente

Denominación de la cadena	Elementos		
	Cantidad	Denominación	Referencia
ASTX180	1	Grillete normal	GNT16
	1	Anilla bola	AB16
	1	Rótula protección sección cuadrada	RLPC16
	1	Grapa amarre atornillada	GAT3

Herrajes para el cable de tierra

Se instalarán los siguientes conjuntos de amarre:

Denominación cadena	Tipo de cable	Cadena normalizada	Carga de rotura mínima de grapa (dan)
Amarre retención con alargadera	OPGW	AROPGA	7.100

La composición es la siguiente:

Denominación de la cadena	Elementos		
	Cantidad	Denominación	Referencia
AROPGA	2	Grillete normal	GNT16
	1	Tirante	TA-1/L
	1	Guardacabos	G-16
	1	Varillas protección	VPOPGW
	1	Retención de amarre	RAOPG
	1	Conexión sencilla	GCSOPGW

1.5.5.4 Antivibradores

Sirven para proteger los cables de los efectos perjudiciales y roturas prematuras por fatiga de sus alambres, que pueden producir los fenómenos de vibración eólica a causa de vientos de componente transversal a la línea y velocidades comprendidas entre 1 y 10 m/s, con la consiguiente pérdida de conductividad y resistencia mecánica.

En general, según recomienda el apdo. 3.2.2 de la ITC-LAT 07, la tracción a 15°C no debe superar el 22% de la carga de rotura, si se realiza el estudio de amortiguamiento y se instalan dichos dispositivos, o que bien no supere el 15% de la carga de rotura si no se instalan.

El tipo y número de amortiguadores a colocar, así como su posición, es función del tipo de conductor y sus condiciones de tendido. Como regla general, según la norma LDZ001, a contrastar en caso de vanos especiales, se instalarán los siguientes amortiguadores:

Conductor: LA-145

- Tipo de amortiguador AMG 1
- Número de amortiguadores
 - Vano \leq 550 m uno por vano
 - Vano $>$ 550 m dos por vano
- Distancia de colocación 0,80 m

1.5.5.5 Placas de Señalización

En todos los apoyos se instalará una placa de señalización de riesgo eléctrico, donde se indicará la tensión de la línea (kV), el titular de la instalación y el número del apoyo.

La placa se instalará a una altura de 3 m en la cara paralela o más cercana a los caminos o carreteras para que pueda ser vista fácilmente.

1.5.5.6 Cimentaciones para los Apoyos

Las cimentaciones de los apoyos serán de hormigón en masa de calidad HM-20 y deberán cumplir lo especificado en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE 98.

Se proyectan las cimentaciones de los distintos apoyos de acuerdo con la naturaleza del terreno.

Sobre la cimentación se hará la correspondiente peana, con un vierteaguas de 5 cm de altura.

Las diversas cimentaciones están indicadas en planos adjuntos.

1.5.5.7 Cerramiento alrededor de los apoyos de paso a subterráneo

Alrededor de los apoyos de paso a subterráneo se construirá un cerramiento con valla metálica o de obra de fábrica, que servirá para dar protección a la parte inferior del apoyo e impedir el acceso de personal no autorizado. Los cables se protegerán, en su parte más próxima al suelo, mediante una canaleta metálica de 3 metros de altura que se empotrará 50 cm en el terreno.

El cerramiento, de altura mínima 3 metros, llevará un remate de cuatro hileras de alambre de espinos, y contará con una puerta de acceso metálica.

1.5.5.8 Tomas de tierra de los apoyos

En todos los apoyos la resistencia de difusión de la puesta a tierra será inferior a 20Ω y las tomas serán realizadas teniendo presente lo que al respecto se especifica en el apartado 7.3 del reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en las líneas eléctricas de alta tensión. Para tal fin la puesta a tierra se materializará mediante picas de tierra.

Se dispondrán tantas picas conectadas al apoyo como sean necesarias para obtener valores inferiores a 20Ω . El extremo superior de la pica quedará, como mínimo, a 0,8 metros por debajo de la superficie del terreno. A esta profundidad irán también los cables de conexión entre las picas y el apoyo.

Dadas las características del terreno, los apoyos llevarán, como mínimo, 2 picas.

En los casos en que el apoyo se encuentre en una zona de pública concurrencia, la puesta a tierra se realizará en anillo cerrado que tendrá cuatro conexiones al apoyo, una por montante. Dicho anillo irá enterrado alrededor de la cimentación del apoyo manteniendo una distancia de un metro a la misma.

1.5.5.9 Condiciones técnico-ambientales

En cumplimiento del Artículo 7 del Decreto 178/2006, se aporta la información relativa a la adecuación de la instalación que nos ocupa a las condiciones técnico-ambientales establecidas en la citada norma.

Medidas antielectrocución:

El aislamiento a instalar en los nuevos apoyos estará constituido por una cadena de composite. Las características principales, mecánicas y eléctricas se describen en el documento de anexos. Teniendo en cuenta las dimensiones tanto de los aisladores como de los herrajes que forman la cadena, se obtiene que la longitud total de la misma, será de 1,80 m. Esta distancia es superior a 1 metro, que es la distancia mínima de seguridad entre la zona de posada y el elemento en tensión que marca el Artículo 4 del Decreto 178/2006.

En cuanto a los apoyos a instalar, sus características técnicas y dimensiones del armado se describen en el documento de anexos. En ambos casos las cadenas de amarre se instalarán en posición horizontal.

En el caso de los apoyos fin de línea, el puente flojo sube hasta el pararrayos y de éste pasa a la botella terminal, por lo que la distancia entre la cruceta superior y el conductor inferior del mismo lado, teniendo en cuenta que la longitud total del terminal es de 1,80 m y que la distancia entre fases es de 5 m, será superior a los 3 metros, cumpliéndose lo establecido en el Artículo 4 del Decreto 178/2006.

Medidas anticolidión:

Las medidas anticolidión establecidas en el Decreto 178/2006 serán de aplicación en las instalaciones aéreas de alta tensión, existentes o de nueva construcción, que discurran por las zonas de especial protección para las aves, calificadas por su importancia para la avutarda y el sisón, y a aquellas que discurran, dentro de un radio de dos kilómetros, alrededor de las líneas de máxima crecida de los humedales incluidos en el Inventario de Humedales de Andalucía.

Hasta tanto se declaren las zonas especiales de conservación, las medidas establecidas en el citado decreto serán de aplicación en las zonas designadas como lugares de interés comunitario.

Las instalaciones eléctricas a las que se refiere el citado Decreto, estarán dotadas de salvapájaros o señalizadores visuales en los cables de tierra aéreos o en los conductores, si aquellos no existen. En ausencia del cable de tierra aéreo se colocarán los salvapájaros en uno de los cables superiores. 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, los conductores.

La zona donde se va a llevar a cabo la modificación de la línea objeto del presente proyecto, no se encuentra en zona de especial protección ni en las proximidades de humedales por lo que no sería necesario adoptar las medidas anticolidión que se indican en el decreto mencionado anteriormente.

2.- MEMORIA DE CALCULO

2.1.- CÁLCULOS MECÁNICOS

2.1.1.- CALCULOS MECANICOS CONDUCTOR.

El tendido de los conductores se realizará utilizando las tablas de tensiones y flechas que aparecen al final de este apartado.

Estas tablas han sido obtenidas de forma que la componente horizontal de la tensión en los conductores no sobrepase en ningún caso su carga de rotura dividida por un coeficiente de seguridad igual a 3,00.

Cada tabla corresponde a un vano de regulación, es decir, a los tramos comprendidos entre apoyos de anclaje con apoyos de alineación intermedios.

La longitud de un vano de regulación se obtiene a partir de la longitud de cada vano intermedio y viene dada por la ecuación:

$$a_r = \sqrt{\frac{\sum a^3}{\sum a}}$$

Siendo:

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

a : Longitud proyectada de cada vano intermedio (m).

En la cabecera de cada tabla aparece el tipo de conductor, la longitud y la componente horizontal de la tensión que se ha adoptado para el vano de regulación.

También se muestran las condiciones iniciales de temperatura y sobrecarga para las que se alcanza la tensión horizontal adoptada.

Para obtener la tensión del conductor en otras condiciones de equilibrio diferentes (temperatura y sobrecarga), se ha empleado la "ecuación del cambio de condiciones" basada en la ecuación de la parábola, que tiene la forma:

$$T^2 \cdot (T + A) = B$$

donde:

$$A = \alpha \cdot (\theta - \theta_o) \cdot S \cdot E - T_o + \frac{a^2 \cdot p_o^2}{24 T_o^2} \cdot S \cdot E$$

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

Siendo:

- a: Longitud proyectada del vano de regulación (m).
- T_o : Tensión horizontal en las condiciones iniciales (daN).
- θ_o : Temperatura en las condiciones iniciales (°C).
- p_o : Sobrecarga en las condiciones iniciales (daN/m).
- T: Tensión horizontal en las condiciones finales (daN).
- θ : Temperatura en las condiciones finales (°C).
- p: Sobrecarga en las condiciones finales (daN/m).
- S: Sección del neutro fiador (mm²).
- E: Módulo de elasticidad del neutro fiador (daN/mm²).
- α : Coeficiente de dilatación lineal del neutro fiador (m/°C).

TRACCIÓN MÁXIMA ADMISIBLE. CONDICIONES INICIALES

Para la determinación de las condiciones iniciales de temperatura θ_o , peso con sobrecarga p_o y tracción horizontal del conductor T_o , se han aplicado las hipótesis que se detallan a continuación y se ha escogido la que produce tensiones más desfavorables en cada vano de regulación.

Hipótesis REGLAMENTARIA

Las condiciones de temperatura y sobrecarga aplicadas en esta hipótesis son las que se describen en la ITC-LAT 07, que dependen de la zona por donde se va a tender la línea:

ZONA A (entre 0 y 500 m. de altitud): Peso propio más sobrecarga de viento.

ZONA B (entre 500 y 1000 m. de altitud): Peso propio más sobrecarga de hielo de $0,18x\sqrt{d}$ daN/m a la temperatura de -15°C .

ZONA C (a partir de 1000 m. de altitud): Peso propio más sobrecarga de hielo de $0,36x\sqrt{d}$ daN/m a la temperatura de -20°C .

Siendo d el diámetro del conductor en milímetros.

En nuestro caso consideramos para los cálculos que la línea se encuentra situada en zona B.

Hipótesis FENÓMENOS VIBRATORIOS (E.D.S.)

El E.D.S. (Every Day Stress) es la tensión a una temperatura de 15,0 °C, sin sobrecargas y dada en tanto por ciento respecto de la carga de rotura. Se considera que el valor límite del E.D.S. para que no se produzcan efectos vibratorios (tense al límite estático-dinámico) es del 15,0%.

Hipótesis ESPECIAL (HIELO+VIENTO)

Peso propio del conductor, sobrecarga de hielo a temperatura según zona, más sobrecarga de viento aplicada al conductor más el manguito de hielo.

2.1.2.- FLECHAS MÁXIMAS

Las flechas que se alcanzan en cada vano para la tensión correspondiente a las condiciones de equilibrio se han calculado utilizando la ecuación de Truxá:

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

Siendo:

p : Peso del conductor por metro lineal en las condiciones consideradas (daN/m).

a : Longitud proyectada del vano (m).

b : Longitud real del vano (m).

$$b = \sqrt{a^2 + h^2}$$

h : Desnivel (m).

T : Componente horizontal de la tensión (daN).

El tendido de la línea se ha realizado utilizando la curva catenaria correspondiente a las condiciones de flecha máxima y manteniendo una distancia al terreno mínima de 8,00 m.

La flecha máxima de los conductores se determina mediante las hipótesis siguientes:

a) Hipótesis de temperatura: sometidos a la acción de su peso propio y a la temperatura máxima previsible, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y las de servicio de la línea. Esta temperatura no será inferior a 50°C.

b) Hipótesis de hielo: sometidos a la acción de su peso propio y a la sobrecarga de hielo correspondiente a la zona, a la temperatura de 0°C

FLECHAS Y TENSIONES

LA 280 (242-AL1/39-ST1A) {1}

Zona A

Tense Máximo a -5 ° + V 2580 daN
 E.D.S. a 15 ° 21% (1775,76daN)

Zona C

Tense Hielo a -20 ° + H 3139,2 daN
 E.D.S a 10 ° 22% (1860,32daN)

Sección

281,1 mm²

Peso

0,977 Kg/m

Carga de Rotura

8456 Kg

Coef. Dilatación

1,89E-05 1/°C

Módulo Elasticidad

7553 Kg/mm²

Diámetro aparente

21,8 mm

Viento sobre conductor

1,09 Kg/m

Zona B

Tense Máximo a -15 ° + H 2943 daN
 E.D.S. a 10 ° 23% (1944,88daN)

Zona USUARIO

limite 1 a -30 ° + H 3139,2 daN

VANO APOYO 6

Tenses en daN. Flechas en metros. Vanos en metros. Cs es la relación entre la carga de rotura del cable y su tracción máxima.

A. Ini. A. Fin.	Vano	Vano Regul.	T F	CONDICIONES EN ZONA A												Cs
				50°	40°	35°	30°	25°	15°	15°+V	10°	0°	-5°	-5°+½ V	-5°+V	
EX 6	220	220	T	652	690	711	733	758	15%	1339	843	912	951	1136	1479	3,65
			F	4,99	4,72	4,58	4,44	4,29	4,01	4,91	3,86	3,57	3,42	3,81	4,45	

VANO APOYO 7

Tenses en daN. Flechas en metros. Vanos en metros. Cs es la relación entre la carga de rotura del cable y su tracción máxima.

A. Ini. A. Fin.	Vano	Vano Regul.	T F	CONDICIONES EN ZONA A												Cs
				50°	40°	35°	30°	25°	15°	15°+V	10°	0°	-5°	-5°+½ V	-5°+V	
EX 7	230	230	T	660	697	717	738	761	15%	1353	841	905	942	1133	1486	3,63
			F	5,39	5,11	4,96	4,82	4,67	4,38	5,32	4,23	3,93	3,78	4,18	4,84	

2.1.3.- DISTANCIAS DE SEGURIDAD

- **AL TERRENO**

De acuerdo con el punto 5 de la ITC-LAT 07, la distancia de los conductores al terreno deberá ser superior a:

$5,3 + D_{el}$, en metros, con un mínimo de 6 metros.

El valor de Los valores de D_{el} , según la tabla 15, en función de la tensión más elevada de la línea, será de 1,20.

Por tanto $5,3 + 1,20 = 6,50$. Se adoptaría el mínimo reglamentario de 6 m, si bien el cálculo se ha desarrollado con una distancia al terreno mínima de 10 m.

- **ENTRE CONDUCTORES**

La distancia mínima de los conductores entre sí, y entre ellos y sus partes en tensión y masa, se obtienen mediante las expresiones contenidas en el punto 5.4.1 de la ITC-LAT 07, es decir:

Separación mínima entre conductores:

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

Siendo:

D : Distancia entre conductores.

K : Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento (tabla 16).

F : Flecha máxima (m).

L : Longitud en metros de la cadena de suspensión. En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de anclaje $L = 0$.

K' : Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea (0,85 para categoría especial y 0,75 para el resto)

Dado el conductor empleado y la categoría de la línea, según la tabla 16, se obtiene un valor para K de 0,60. De esta forma se ha escogido las crucetas para superar ampliamente la separación mínima entre conductores para cada vano.

- **ENTRE CONDUCTORES Y PARTES PUESTAS A TIERRA**

Según el punto 5.4.2 de la ITC-LAT 07, la separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos, no será inferior a D_{el} , con un mínimo de 0,20 m.

En el presente caso $D_{el} = 0,70$ m.

- **DESVIACIÓN DE LAS CADENAS DE AISLADORES**

Se calcula el ángulo de desviación de la cadena de aisladores en apoyos de alineación según la ecuación:

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{\frac{k_v}{2} \cdot d \cdot \left(\frac{a_1 + a_2}{2}\right) + \frac{E_c}{2}}{p \cdot \left(\frac{a_1 + a_2}{2}\right) + T_{-5^\circ\text{C}+v/2} \cdot \left(\frac{h_1}{a_1} - \frac{h_2}{a_2}\right) + \frac{P_c}{2}}$$

Siendo:

γ : Ángulo de desviación.

E_c : Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores.

P_c : Peso de cada cadena.

a_1 y a_2 : Longitud proyectada del vano anterior y posterior (m).

h_1 y h_2 : Desnivel de vano anterior y posterior (m). Se consideran positivos si el apoyo de la derecha está más alto que el de la izquierda.

$T_{-5^\circ\text{C}+v/2}$: Componente horizontal de la tensión a -5°C con sobrecarga 1/2 de viento.

De acuerdo con las características de los apoyos de alineación utilizados, se admite un valor máximo para el ángulo de desviación, ya que en tal caso se guarda la distancia mínima reglamentaria entre conductores o partes en tensión y masa.

2.1.4.- CALCULO DE APOYOS.

A continuación se exponen los criterios utilizados para el cálculo de los esfuerzos externos actuantes sobre los apoyos:

a) Esfuerzos del viento sobre conductores en dirección normal a la línea

$$n \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} \cdot d \cdot k_v \cdot \cos\left(\frac{180 - \alpha}{2}\right) \quad [1]$$

Siendo:

n : Número de conductores.

a_1 y a_2 : Longitud proyectada del vano anterior y posterior (m).

d : Diámetro del conductor (mm).

k_v : Presión del viento: 0,06 si $d \leq 16$ mm. ó 0,05 para $d > 16$ mm.

α : Ángulo interno formado por los dos tramos de la línea en el apoyo que se calcula (grados sexagesimales). En apoyos que no introduzcan cambios de dirección $\alpha = 180^\circ$.

b) Esfuerzos del viento sobre herrajes y aisladores en dirección normal a la línea

Se ha considerado un esfuerzo de 7,0 daN. por cada cadena de aisladores, en función de sus características y superficie expuesta al viento.

c) Resultante de ángulo

Hipótesis de viento:

$$n \cdot 2 \cdot T_{-5^\circ C+V} \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad [2]$$

Siendo:

n : Número de conductores.

α : Ángulo interno formado por los dos tramos de la línea en el apoyo que se calcula (grados sexagesimales).

$T_{-5^\circ C+V}$: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de temperatura igual a $-5^\circ C$ más sobrecarga de viento.

Hipótesis de hielo (sólo zonas B y C)

$$n \cdot 2 \cdot T_{HIP.ZONA} \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad [3]$$

Siendo:

$T_{HIP.ZONA}$: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de temperatura y sobrecarga correspondientes según la zona:

ZONA B: -15°C más una sobrecarga de hielo de $0,18\text{x}\sqrt{dd}\text{N/m}$.

ZONA C: -20°C más sobrecarga de hielo de valor $0,36\text{x}\sqrt{dd}\text{N/m}$.

Para la selección del esfuerzo en punta necesario en el apoyo habrá que comparar el esfuerzo obtenido de la ecuación número [3] con el resultante de sumar el obtenido de la ecuación número [2] y el esfuerzo de viento resultante de aplicar la ecuación [1]. El mayor de estos esfuerzos servirá para obtener el esfuerzo en punta que debe soportar el apoyo de ángulo.

d) Desequilibrio de tracciones

100% de la tracción del conductor para los apoyos de inicio y fin de línea.

50% del tiro de conductores en apoyos de anclaje. Los apoyos de Ángulo se han considerado anclajes ya que llevan cadenas de aisladores de tipo anclaje.

8% del tiro de conductores en apoyos de alineación con cadenas de suspensión.

e) Rotura de conductores

El esfuerzo de rotura de conductores se aplica a los apoyos de tipo anclaje, inicio y final de línea, y equivale a un esfuerzo igual a la componente horizontal de la tensión aplicada en el extremo de la cruceta.

f) Peso de conductores sobre las crucetas

$$P_{HIP.ZONA} \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} + T_{HIP.ZONA} \cdot \left(\frac{h_1}{a_1} - \frac{h_2}{a_2} \right) \quad [4]$$

Siendo:

a_1 y a_2 : Longitud proyectada del vano anterior y posterior (m).

h_1 y h_2 : Desnivel de vano anterior y posterior (m). Se consideran positivos si el apoyo de la derecha está más alto que el de la izquierda.

$p_{HIP.ZONA}$: Peso más sobrecarga correspondiente a la zona:

ZONA B: Sobrecarga de hielo de valor $0,06x\sqrt{d}$ daN/m

$T_{HIP,ZONA}$: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de temperatura y sobrecarga correspondientes según la zona:

ZONA B: 0°C más sobrecarga de hielo de valor $0,06x\sqrt{d}$ daN/m.

f) Peso de los aisladores sobre las crucetas

Se ha considerado un peso de 11,5 daN. por cada cadena de aisladores, en función del número de elementos y de las características de los herrajes.

- **OBSERVACIONES AL CÁLCULO DE APOYOS**

Hipótesis de rotura de conductores

Se tiene en cuenta que en la línea proyectada se dan las condiciones establecidas en el apartado 4.4.3.del Reglamento, por lo que se prescinde de la hipótesis de rotura de conductores (4ª hipótesis) en los apoyos de alineación y de ángulo.

Apoyos cuyas caras soportan esfuerzos desiguales

Para los apoyos que tienen diferentes resistencias según la cara que recibe el esfuerzo, como ocurre con los postes de hormigón vibrado y de chapa metálica, se distingue entre esfuerzos nominales principal y secundario, según se apliquen a la cara de mayor o de menor resistencia, respectivamente.

Se denomina posición Normal a aquella en la que el apoyo se sitúa de modo que el esfuerzo principal soporta las acciones transversales a la línea, y posición Invertida cuando el esfuerzo principal soporta las acciones longitudinales.

El coeficiente **RN** es la relación entre los esfuerzos nominales principal y secundario. El coeficiente **RU** es la relación entre el esfuerzo nominal útil y el secundario útil, es decir, ambos libres de viento. Los esfuerzos útiles se obtienen a partir de los esfuerzos nominales descontando el efecto del viento sobre la cara correspondiente, y reducido éste al punto de aplicación del esfuerzo nominal.

La selección de apoyos de este tipo se realiza de igual modo que para los postes de igual resistencia en ambas caras, aunque mayorando los esfuerzos sobre la cara de menor resistencia utilizando el coeficiente **RN** si no intervienen esfuerzos de viento, o el coeficiente **RU** en caso de incidir el viento sobre esta cara.

El ángulo α es el que forma la resultante de esfuerzos con la alineación anterior, es por tanto el ángulo con que debe situarse la dirección principal del apoyo para que trabaje de forma adecuada.

Esfuerzos según una dirección no principal

En el caso de esfuerzos que no están dirigidos en la dirección de uno de los ejes de simetría del apoyo, se calcula el denominado esfuerzo equivalente en la dirección de uno de dichos ejes, para lo cual descomponemos el esfuerzo en otros dos coincidentes en su dirección con la de cada eje de simetría, y sumamos aritméticamente los dos esfuerzos perpendiculares.

Coefficientes de seguridad

La selección de los apoyos se realiza en base a catálogos de fabricantes, en los que los esfuerzos nominales que pueden soportar sus apoyos fabricados en serie ya llevan aplicados los coeficientes de seguridad del Reglamento de LAT. Estos coeficientes serán como mínimo los que se muestran en las tablas siguientes.

Para apoyos metálicos:

Tipo de apoyo	Hipótesis normales		Hipótesis anormales	
	1ª hipótesis	2ª hipótesis	3ª hipótesis	4ª hipótesis
Alineación	1,5 (1,45)	1,5 (1,45)	1,2 (1,15)	1,2 (1,15)
Ángulo	1,5 (1,45)	1,5 (1,45)	1,2 (1,15)	1,2 (1,15)
Anclaje	1,5 (1,45)	1,5 (1,45)	1,2 (1,15)	1,2 (1,15)
Fin de línea	1,5 (1,45)	1,5 (1,45)	-	1,2 (1,15)

Se podrán utilizar los coeficientes reducidos que aparecen entre paréntesis cuando la resistencia de los apoyos completos sea comprobada mediante ensayo en verdadera magnitud.

Apoyos de seguridad reforzada

Si el apoyo debe cumplir las condiciones de seguridad reforzada, que requieren un incremento del 25 por ciento en los coeficientes de seguridad, lo que se hace es multiplicar los esfuerzos actuantes por 1,25 y calcular el apoyo como si fuese de seguridad normal.

Esfuerzo Total

Hu- Altura útil del apoyo
 L- Esfuerzo longitudinal del cable
 T- Esfuerzo transversal del cable
 H- Esfuerzo horizontal del cable
 V- Esfuerzo vertical del cable
 d- Distancia entre fases
 FT- Esfuerzo horizontal total
 Cs- Coeficiente de seguridad
 α - Angulo desvío de la cadena
 Dm- distancia mínima a masa

La hipótesis 4ªA refleja las cargas cuando hay rotura de esa fase. La 4ªB las cargas cuando la fase no está rota.

Poste Hu(m)	Función Segurid. Zona	Angulo Comp. °Sex.	Hip	Cs	FASES 3 fases Simplex				HILO TIERRA 0 hilo tierra				d (m)	α (°) Dm(m)	TOTAL FT (daN)	
					L (daN)	T (daN)	H (daN)	V (daN)	L (daN)	T (daN)	H (daN)	V (daN)				
EX 20	FL	-	1ª	1,5	1479	118	1596	74	---	---	---	---	2,04	-	4789	
	2ª		1,5	---	---	---	---	---	---	---	---	---			---	
	3ª		1,2	---	---	---	---	---	---	---	---	---			---	
	4ªA		1,2	0	0	---	---	0	---	---	---	---			0,83	---
	4ªB		1,2	1479	0	1479	74	---	---	---	---	---			---	
6 20	FL	-	1ª	1,5	1479	118	1596	84	---	---	---	---	2,04	-	4789	
	2ª		1,5	---	---	---	---	---	---	---	---	---			---	
	3ª		1,2	---	---	---	---	---	---	---	---	---			---	
	4ªA		1,2	0	0	---	---	0	---	---	---	---			0,83	---
	4ªB		1,2	1479	0	1479	84	---	---	---	---	---			---	

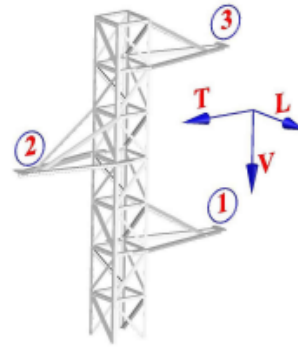
La hipótesis 4ªA refleja las cargas cuando hay rotura de esa fase. La 4ªB las cargas cuando la fase no está rota.

Poste Hu(m)	Función Segurid. Zona	Angulo Comp. °Sex.	Hip	Cs	FASES 3 fases Simplex				HILO TIERRA 0 hilo tierra				d (m)	α (°) Dm(m)	TOTAL FT (daN)	
					L (daN)	T (daN)	H (daN)	V (daN)	L (daN)	T (daN)	H (daN)	V (daN)				
EX 20	FL	-	1ª	1,5	1486	123	1609	78	---	---	---	---	2,1	-	4827	
	2ª		1,5	---	---	---	---	---	---	---	---	---			---	
	3ª		1,2	---	---	---	---	---	---	---	---	---			---	
	4ªA		1,2	0	0	---	---	0	---	---	---	---			0,83	---
	4ªB		1,2	1486	0	1486	78	---	---	---	---	---			---	
7 20	FL	-	1ª	1,5	1486	123	1609	86	---	---	---	---	2,1	-	4827	
	2ª		1,5	---	---	---	---	---	---	---	---	---			---	
	3ª		1,2	---	---	---	---	---	---	---	---	---			---	
	4ªA		1,2	0	0	---	---	0	---	---	---	---			0,83	---
	4ªB		1,2	1486	0	1486	86	---	---	---	---	---			---	

CALCULO ESFUERZOS APOYOS

Apoyo 6

Altura Útil (m) : 20
 Seguridad : Normal
 Función : Fin de línea
 Armado : Tresbolillo
 Vano anterior (m) : 220
 Vano posterior (m) : ---
 N : 0,0032
 D. Fases nec. (m) : 2,04
 D. Masa nec. (m) : 0,83
 Ángulo desvío cadena : 0
 Contrapeso (Kg) : 0



ESFUERZOS NECESARIOS (daN)

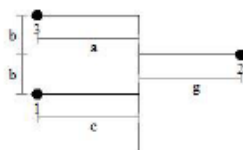
PUNTO	1º Hip. (C _s =1,5)			2º Hip. (C _s =1,5)			3º Hip. (C _s =1,2)			4º Hip. (C _s =1,2)					
	V	L	T	V	L	T	V	L	T	FASE ROTA			FASE NO ROTA		
1	84	-1479	118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84	1479	0
2	84	-1479	118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84	1479	0
3	84	-1479	118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84	1479	0

APOYO SELECCIONADO

Denominación : CEFIRO-60-20-TH20a

D. Fases Real (m) : 4
D. Masa Real (m) : 1,5

	1º Hip.	2º Hip.	3º Hip.	Rot. Cond.	Rot. H.T.
Utilización	87,75%	0%	0%	92,63%	0%
Coefficiente seg.	1,71	---	---	1,3	---



b (m) : 2
 a (m) : 2
 c (m) : 2,1
 g (m) : 2
 h (m) : 2,9

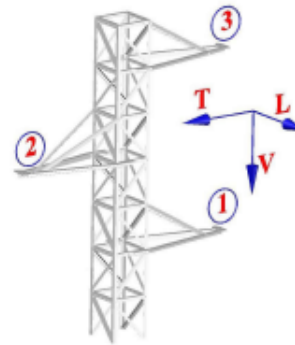
Terreno
 α (°) : 30
 σ (kg / cm²) : 3

Fundaciones (TetraBloque)
 b : 0
 H : 2,6
 c : 3,2

Totales
 Excavación (m³) : 12,58
 Ocupación (m²) : 18,49
 Peso apoyo (kg) : 2613,45

Apoyo 7

Altura Útil (m) : 20
 Seguridad : Normal
 Función : Fin de línea
 Armado : Tresbolillo
 Vano anterior (m) : 230
 Vano posterior (m) : ---
 N : 0,0026
 D. Fases nec. (m) : 2,1
 D. Masa nec. (m) : 0,83
 Ángulo desvío cadena : 0
 Contrapeso (Kg) : 0



ESFUERZOS NECESARIOS (daN)

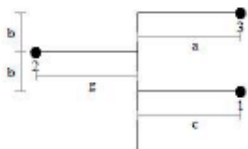
PUNTO	1º Hip. (Cs=1,5)			2º Hip. (Cs=1,5)			3º Hip. (Cs=1,2)			4º Hip. (Cs=1,2)					
	V	L	T	V	L	T	V	L	T	FASE ROTA			FASE NO ROTA		
1	86	-1486	123	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86	1486	0
2	86	-1486	123	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86	1486	0
3	86	-1486	123	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86	1486	0

APOYO SELECCIONADO

Denominación : CEFIRO-60-20-TH20a

D. Fases Real (m) : 4
D. Masa Real (m) : 1,5

	1º Hip.	2º Hip.	3º Hip.	Rot. Cond.	Rot. H.T.
Utilización	88,22%	0%	0%	10,07%	0%
Coefficiente seg.	1,7	---	---	11,92	---



b (m) : 2
 a (m) : 2
 c (m) : 2,1
 g (m) : 2
 h (m) : 2,9

Terreno

α (°) : 30
 σ (kg / cm²) : 3

Fundaciones

(TetraBloque)
 b : 0
 H : 2,65
 c : 2,9

Totales

Excavación (m³) : 11,69
 Ocupación (m³) : 15,6
 Peso apoyo (kg) : 2613,45

2.1.5.- CALCULO DE CIMENTACIONES

Las dimensiones de los cimientos se han calculado de modo que se confía su estabilidad fundamentalmente a las reacciones horizontales del terreno (reacciones laterales de las paredes del cimiento), estableciendo como condición, según el punto 3.6 de la ITC-LAT 07 que el ángulo de giro de la cimentación tome un valor cuya tangente sea inferior a 0,01 para alcanzar el equilibrio entre las acciones que tienden a producir un vuelco y las reacciones del terreno.

Los momentos estabilizadores producidos por las reacciones del terreno sobre los cimientos se han calculado usando las ecuaciones de Sulzberger:

$$Me = 139 \cdot C_2 \cdot b \cdot h_c^4 + a^2 \cdot b \cdot (h_c + db) \cdot 2200 \left(0'5 - \frac{2}{3} \cdot \sqrt{11 \cdot \frac{h_c}{a} \cdot \frac{1}{10 \cdot C_2}} \right) \text{N} \cdot \text{m}$$

Se ha elegido un terreno de naturaleza Clasificación típica. Normal C2 = 10 daN/cm³, siendo C₂ el coeficiente de compresibilidad del terreno a 2m de profundidad, para el que se ha elegido un valor de 10,00 daN/cm³.

Para cimentaciones de profundidad superior a $h_c > 2$ metros se tomará C₂ constante y se aplicará la siguiente ecuación:

$$Me = 278 C_2 \cdot b \cdot h_c^3 + a^2 \cdot b \cdot (h_c + db) \cdot 2200 \left(0'5 - \frac{2}{3} \cdot \sqrt{11 \cdot \frac{h_c}{a} \cdot \frac{1}{10 C_2}} \right) \text{endaN} \cdot \text{m}$$

Siendo:

C₂: Coeficiente de compresibilidad del terreno a la profundidad de 2 metros (daN/cm³).

h_c: Profundidad de cimentación (m).

db: Espesor del cimiento de hormigón que sobresale del terreno (m).

a: Lado del cimiento paralelo al esfuerzo nominal (m).

b: Lado del cimiento perpendicular al esfuerzo nominal (m).

Los momentos de vuelco han de calcularse con respecto al eje de giro del cimiento, cuya situación se supone a los 2/3 de la altura h_c del cimiento.

Los momentos de vuelco debidos al viento sobre la propia estructura del apoyo se calculan de acuerdo con lo establecido en el Reglamento LAT. En el caso particular de apoyos de celosía, el cálculo del esfuerzo del viento requiere el conocimiento de la superficie real expuesta al viento, por lo que el valor de dicho esfuerzo del viento se ha tomado de los datos facilitados por el fabricante.

En apoyos de tipo tronco-piramidal el punto de aplicación del esfuerzo del viento se calcula por la ecuación

$$H = \frac{H}{3} \frac{d_b + 2 \cdot d_c}{d_b + d_c}$$

siendo H la altura libre total y d_b y d_c las anchuras en el empotramiento y en la cogolla, respectivamente.

El coeficiente de seguridad al vuelco será el cociente entre el momento estabilizador debido al cimientado y el momento de vuelco total, calculados en la forma que ha sido indicada. En las cimentaciones de apoyos se da la circunstancia de que el momento estabilizador es debido en su mayor parte a las reacciones horizontales del terreno sobre las paredes verticales del macizo. En tal caso debe cumplirse que la tangente del ángulo de desviación para que se llegue a las reacciones del terreno que determinan la estabilidad no debe ser superior a 0,01, condición que es tenida en cuenta en la ecuación de Sulzberger. En cuanto al coeficiente de seguridad, en tales circunstancias, se ha adoptado un valor mínimo de 1,20.

Se ha de señalar que, en aquellos casos en los que, por exigirse las condiciones de seguridad reforzada, el coeficiente de seguridad debe ser incrementado un 25 por ciento, lo que se ha hecho es incrementar un 25 por ciento los esfuerzos externos actuantes transmitidos por los conductores. Igualmente han de ser incrementados en un 25 por ciento los momentos de vuelco correspondientes a esfuerzos del viento sobre las estructuras de los apoyos.

Las cimentaciones resultantes se reflejan en tabla adjunta en planos.

2.2.- CALCULOS ELECTRICOS TRAMO AEREO

2.2.1.- CALCULO INTENSIDAD DE DEFECTO Y TENSION DE PASO.

Dado que los apoyos se encontrarán en una zona tal que se consideran no frecuentados, y la línea está provista de desconexión automática, no es exigible el cumplimiento de las condiciones en relación con las tensiones de contacto, ya que se puede considerar despreciable la probabilidad de acceso y la coincidencia de un fallo simultaneo.

DATOS DE PARTIDA:

Intensidad máxima de defecto..... 600 A.

Resistividad del terreno (TABLA 1, MIE RAT 13)..... 500 Ω /m.

Tiempo desconexión defecto..... 1 s.

RESISTENCIA A TIERRA.

$$R_t = K_r \times \hat{\rho} = 0,416 \times 500 = 208\Omega.$$

INTENSIDAD DE DEFECTO

$$I_d = \frac{11.547}{20 + R_t} = 50,64A$$

TENSIONES DE PASO

Tensión de paso máxima real.

$$K_p \times \hat{\rho} \times I_d = 0,0785 \times 500 \times 50,64 = 1.987,62 V.$$

Tensión de paso máxima admisible.

-Terreno sin recubrir:

$$V_c = \frac{10 \times K}{t^n} \left(1 + \frac{6 \times \hat{\rho}}{1.000} \right) = 3.140V$$

La tension es superior a la real.

- La resistividad superficial mínima del terreno para que se cumplan las condiciones reglamentarias en cuanto a las tensiones de paso, será:

$$r_s = \left(\frac{K_p \times \int \times I_d}{10 \times K} \right) \times \frac{1.000}{6} = 422 \Omega m$$

2.2.2.- POTENCIA MAXIMA DE TRANSPORTE.

La máxima potencia que se puede transportar por esta línea, atendiendo al tipo de conductor usado es

$$P = \sqrt{3} \times I_{\max} \times U$$

Siendo:

$$I_{\max} = 385.$$

$$U = 66 \text{ KV}$$

Por tanto la potencia máxima que se podrá transportar será:

$$P = \sqrt{3} \times I \times U = \sqrt{3} \times 385 \times 66 = 43,99 \text{ MVA.}$$

2.2.3.- INTENSIDADES Y CAIDA DE TENSION.

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_{\max} \cdot L \cdot (R \cdot \cos \Phi + X \cdot \text{sen} \Phi)$$

L: Longitud del tramo en km.

R: Resistencia del conductor en Ohmios por kilómetro ($R = 0,0718 \Omega \text{ km}$)

X: Reactancia en Ohmios por kilómetro tro ($X = 0,3939 \Omega \text{ km}$)

φ : Ángulo de fase.

Dado que se trata solo de dos vanos, se considera despreciable.

2.2.4.- PERDIDA DE POTENCIA

La pérdida de potencia que, por el efecto Joule, se produce en la línea viene dada por la expresión:

$$P_{potencia} = 3 \times R \times I^2 \times L$$

La potencia perdida es despreciable, dado que se trata de dos vanos.:

2.2.5.- EFECTO CORONA

El efecto corona viene condicionado fundamentalmente por la rigidez del aire y el campo eléctrico creado en la superficie del conductor, produciéndose efecto visible cuando el campo eléctrico en la superficie del conductor es tal, que rebasa la rigidez dieléctrica del aire. La tensión para la cual comienzan los efectos visuales se denomina “tensión crítica disruptiva”. El valor de esta tensión crítica, a partir del cual se inician las pérdidas, depende de diversos factores como son el diámetro, la separación y rugosidad de los conductores, el estado higrométrico del aire y su densidad.

La fórmula general, o fórmula de Peek, para calcular la tensión crítica, recoge los factores relacionados anteriormente y se fundamenta en que la tensión disruptiva del aire a una presión de 760 mmHg y a una temperatura de 25°C es de 29,8 kV/cm.

$$U_c = \frac{29,8}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{3} \cdot \delta \cdot m_c \cdot m_t \cdot r \cdot \log\left(\frac{D}{r}\right)$$

$$U_c = \frac{29,8}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{3} \cdot 0,953 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 1,09 \cdot \ln\left(\frac{356,71}{1,09}\right) = 149,288 \text{ kV}$$

Siendo:

- U_c = Tensión compuesta crítica disruptiva (kV).

- m_c = Coeficiente de rugosidad del conductor, (1 para hilos lisos y pulidos; 0,95 para hilos oxidados y ligeramente rugosos; 0,85 para cables).

- 29,8 = Rigidez dieléctrica del aire a 25°C y 70 mmHg.

- δ = Factor de corrección de la densidad del aire en función de la presión barométrica y la temperatura:

$$\delta = \frac{3,926 \cdot h}{273 + \theta} \Rightarrow \delta = \frac{3,926 \cdot 70,10}{273 + 15,91} = 0,953$$

h = presión barométrica en centímetros de mercurio

$$\ln(h) = \ln(76) - 2,3 \frac{\text{altitudmedia}(m)}{18336}$$

$$h = e^{4,3307 - 2,3 \frac{643,43}{18336}} = 70,10 \text{ cmHg}$$

θ = temperatura media en °C

- mt = Coeficiente para tener en cuenta el efecto de lluvia. De valor 1,0 para buen tiempo y 0,8 para tiempo con lluvia.

- r = radio del conductor (cm).

- D distancia media geométrica entre fases (cm).

$$D = \sqrt[3]{D_1 \cdot D_2 \cdot D_3} \Rightarrow D =$$

$$D_1 = \frac{\sqrt{D_{12} \cdot D_{12'} \cdot D_{13} \cdot D_{13'}}}{D_{11'}}$$

$$D_2 = \frac{\sqrt{D_{21} \cdot D_{21'} \cdot D_{23} \cdot D_{23'}}}{D_{22'}}$$

$$D_3 = \frac{\sqrt{D_{31} \cdot D_{31'} \cdot D_{32} \cdot D_{32'}}}{D_{33'}}$$

Dado que la tensión crítica U_c es igual a 149,288 kV y la tensión de trabajo de la línea es de 132 kV, no existirán pérdidas por efecto corona.

2.3.- CÁLCULOS ELÉCTRICOS TRAMO SUBTERRÁNEO

2.3.1.- POTENCIA MÁXIMA DE TRANSPORTE.

La máxima potencia que se puede transportar por esta línea, atendiendo al tipo de conductor usado es

$$P = \sqrt{3} \times I_{\max} \times U$$

Siendo:

$$I_{\max} = 661 \text{ A.}$$

$$U = 66 \text{ KV}$$

Por tanto la potencia máxima que se podrá transportar será:

$$P = \sqrt{3} \times I \times U = \sqrt{3} \times 661 \times 66 = 75,47 \text{ MVA.}$$

**APÉNDICE 2: DESVIÓ Y SOTERRAMIENTO LÍNEAS 132 Kv. D/C
“CALONGE-SANTIPONCE-CROS SAN JERONIMO-EMPALME -
AGUILA”.**

INDICE

1.- MEMORIA DESCRIPTIVA.....	2
1.1.- Objeto del Apéndice.....	2
1.2.- Reglamentación Aplicable.....	2
1.3.- Descripción del Soterramiento	4
1.4.- Normativa Medioambiental	4
1.5.- Descripción y características de la instalación	5
1.5.1.- Características de la instalación subterránea	5
1.5.2.- Trazado y disposición de las líneas.....	5
1.5.3.- Características de la canalización.....	6
1.5.4.- Elementos constituyentes de la línea subterránea.....	8
1.5.5.- Apoyos conversiones aereo-subterránea.....	14
2.- MEMORIA DE CALCULO	22
2.1.- Cálculos Mecánicos	22
2.1.1.- Cálculos Mecánicos Conductor.....	22
2.1.2.- Flechas Máximas.....	24
2.1.3.- Distancias de Seguridad.....	26
2.1.4.- Calculo de Apoyos.....	27
2.1.5.- Calculo de Cimentaciones.....	36
2.2.- Cálculos Eléctricos tramo aéreo.....	38
2.2.1.- Calculo intensidad de defecto y tensión de paso.....	38
2.2.2.- Potencia máxima de transporte.....	39
2.2.3.- Intensidades y caída de tensión.....	39
2.2.4.- Pérdida de Potencia	39
2.2.5.- Efecto Corona.....	40
2.3.- Cálculos eléctricos tramo subterráneo	42
2.3.1.- Potencia máxima de transporte.....	42

1.- MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1.- OBJETO DEL APÉNDICE

El objeto del Apéndice es realizar el soterramiento de la línea 132 KV. D/C “**CALONGE-SANTIPONCE-CROS SAN JERONIMO-EMPALME - AGUILA**”, a su paso por los terrenos que conformarán *la 1ª fase del ÁREA LOGÍSTICA DE INTERÉS AUTONÓMICO DE MAJARABIQUE (SEVILLA)*, de forma que dichos terrenos queden liberados de la servidumbre para su ejecución. Desde este nuevo trazado se realizará la entrada-salida a la NUEVA SUBESTACION DEL AREA LOGISTICA, desde la línea “**SANTIPONCE- CALONGE – AGUILA**”.

La línea a desviar es propiedad de Endesa Distribución, por lo que se deberá de solicitar una petición de variante a la citada entidad, de modo que aporte el Pliego de CTE, en el que incluirá la conexión en los extremos de los desvíos. Dichas conexiones las deberá de ejecutar Endesa.

El nuevo tramo subterráneo y los apoyos fin de línea serán cedidos a Endesa que los incorporará a su línea.

1.2.- REGLAMENTACIÓN APLICABLE

Para la redacción del presente proyecto se han tenido en cuenta las especificaciones siguientes:

- Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión (R.D. 223/2008, 15 Febrero).
- Ley del Sector Eléctrico (Ley 54/1997, 27 Noviembre). Ley 17/2007, de 4 de julio.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de Diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimiento de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación (R.D. 3275/1982, 12 Noviembre), así como las Órdenes de 6 de julio de 1984 y de 18 de octubre de 1984 por las que se aprueban las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre dicho reglamento y sus actualizaciones posteriores.
- Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.

- Decreto 178/2006, de 10 de octubre, de la Junta de Andalucía, por el que se establecen normas de protección de la avifauna para las instalaciones eléctricas de alta tensión.
- Normativa particular de Endesa Distribución Eléctrica aplicable.
 - LDZ001 - Criterios de Diseño de Líneas Aéreas de Alta Tensión.
 - LME001 - Procedimiento para la construcción de líneas aéreas de A.T.
 - KDZ001 - Criterios de diseño de los sistemas subterráneos de alta tensión.
 - KNE 001 - Cables subterráneos de Alta Tensión
 - KNE 002 - Empalmes para cables subterráneos de Alta Tensión
 - KNE 003 - Terminales para cables subterráneos de Alta Tensión
 - KNE 004 - Cajas de conexión y pequeño material para instalaciones subterráneas de Alta Tensión
 - KME 003 - Procedimiento de tendido de cables subterráneos de Alta Tensión
 - KMZ 001 - Procedimiento de control de calidad para instalaciones subterráneas de Alta Tensión
 - KME 001 - Instrucciones generales de montaje de empalmes y terminales para cables subterráneos de Alta Tensión
 - KMH 001 - Ejecución de Obra Civil para instalaciones subterráneas de Alta Tensión
 - KEZ 001 - Procedimiento de Mantenimiento para revisión de líneas subterráneas de Alta Tensión
 - KME 002 - Ensayos de puesta en servicio en instalaciones subterráneas de Alta Tensión
 - UNE 21144 (CEI 287) - Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Partes 1, 2 y 3
 - UNE 21-192 (CEI 949) - Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático.
 - UNE 21-191 (CEI 853) - Cálculo de las capacidades de transporte de los cables para regímenes de carga cíclicos y sobrecarga de emergencia. Régimen cíclico para cables de tensiones superiores a 18/30 (36) kV y regímenes de emergencia para cables de todas las secciones.
 - Normas UNE

- Disposiciones municipales que afecten a este tipo de instalaciones.
- RD 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
- Decreto 73/2012, de 22 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Residuos de Andalucía.
- Decreto 397/2010, de noviembre, por el que se aprueba el Plan Director Territorial de Residuos No Peligrosos de Andalucía 2010-2019.

1.3.- DESCRIPCIÓN DEL SOTERRAMIENTO

La actuación consistirá en la implantación de tres apoyos fin de línea (denominados en planos como nº 3, 4 y 5), de forma que se realizará el tendido subterráneo entre dichos apoyos, ejecutando los correspondientes pasos aéreo-subterráneo, desmontando el trazado aéreo comprendido entre ellos, según se puede observar en planos adjuntos. Como se ha indicado, también se realizará la entrada-salida a la NUEVA SUBESTACION DEL AREA LOGISTICA, desde la línea **“SANTIPONCE-CALONGE – AGUILA**.

1.4.- NORMATIVA MEDIOAMBIENTAL

No será preciso tramite Medio Ambiental alguno para la modificación de la línea 132 KV. D/C **“CALONGE-SANTIPONCE-CROS SAN JERONIMO-EMPALME - AGUILA”** ,.

Según la Ley 7/2007 de 9 de Julio de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, en el punto nº 2.17 de su Anexo I, indica que para el caso de la construcción de líneas aéreas para el suministro de energía eléctrica de longitud inferior a 3.000 m, no se requerirá Calificación Ambiental si se da el siguiente caso:

Sustituciones de líneas aéreas que no se desvíen de la traza más de 100 metros.

Por lo anteriormente indicado, este proyecto no requiere de dicho estudio de Calificación Ambiental.

1.5.- DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

1.5.1.- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN SUBTERRÁNEA

Longitud entre terminales	730 m
Tensión nominal	132 kV
Número de circuitos	2
Número de cables	6
Intensidad de cortocircuito en el conductor	160 kA
Intensidad de cortocircuito en la pantalla	22 kA
Tiempo de accionamiento de la protección del cable	0,5 seg.
Tipo de canalización	Bajo tubo
Disposición de los cables	Tresbolillo
Profundidad de instalación a eje de tubular	1250 mm
Conexión de pantallas	Single point

1.5.2.- TRAZADO Y DISPOSICION DE LAS LINEAS.

El trazado subterráneo se inicia en el nuevo apoyo nº 1 de conversión aéreo- subterráneo. Desde este apoyo la línea discurrirá subterránea por los viales de la urbanización, terminando en el apoyo nº 5, a partir del cual continuará el actual trazado aéreo., como se refleja en el plano de planta que se acompaña.

En la línea subterránea no es necesario realizar empalmes en el cable aislado debido a la longitud de la misma.

La elección de hacer una conexión a tierra en un punto (Single point) del circuito queda justificada por la longitud del mismo.

Las fases estarán dispuestas en triángulo, y cada uno de los cables irá por el interior de un tubo de polietileno de doble capa, quedando todos los tubos embebidos en un prisma de hormigón.

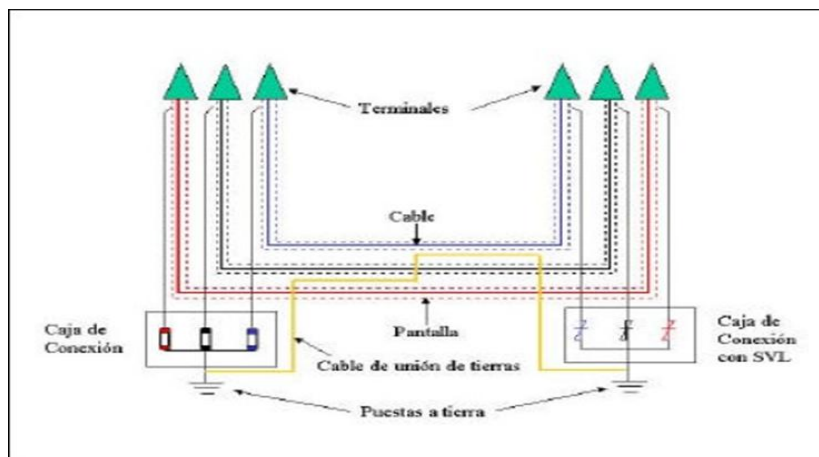
La zanja por la que van a discurrir los cables debe responder a lo especificado en la norma de Endesa Distribución "Criterios de diseño de líneas subterráneas de alta tensión".

Se realizará una conexión a tierra en un solo punto (single point) en el extremo del circuito (end point bonded).

En este tipo de conexión, las pantallas están conectadas a tierra en un extremo del trazado. En todos los otros puntos, las pantallas están aisladas de tierra. La pantalla que ha sido aislada de tierra

tendrá una tensión inducida proporcional a la longitud del circuito, a la intensidad que pase por el conductor y a la separación entre cables. Esta tensión tendrá el valor máximo en el punto más alejado de la conexión a tierra. Debido a que el circuito no está cerrado, se eliminan las circulaciones de corrientes por las pantallas.

En la conexión single point existe también un cable adicional de continuidad de tierra para las corrientes de fallo. A continuación se muestra un esquema del tipo de conexión a utilizar.



1.5.3.- CARACTERÍSTICAS DE LA CANALIZACIÓN.

Los conductores subterráneos van a discurrir en todo el recorrido por una nueva canalización, que debe responder a lo especificado en la norma de Endesa Distribución “Criterios de diseño de líneas subterráneas de alta tensión”.

Las líneas soterradas mediante la ejecución de zanjas siempre se instalarán bajo tubo, de forma que los cables vayan por el interior de tubos de polietileno de doble capa, los cuales quedarán siempre embebidos en un prisma de hormigón que sirve de protección a los tubos y provoca que éstos estén rodeados de un medio de propiedades de disipación térmica definidas y estables en el tiempo.

Las fases estarán dispuestas en triángulo.

El tubo de polietileno de doble capa (exterior corrugada e interior lisa) que se disponga para los cables de potencia tendrá un diámetro interior como mínimo 1.5 veces el diámetro del cable a tender, para que el cable pueda entrar sin dificultad y quepa también la mordaza que ha de sujetarlo para el arrastre, no tomándose tubos de diámetros exteriores inferiores a 160 mm. En general, se utilizará el tubo de 160 mm para sistemas de 45kV y 66kV y el de 200 mm para sistemas de 132 kV.

Se instalará un tubo liso de polietileno de alta densidad de 63 mm de diámetro para la colocación de los cables de comunicaciones de fibra óptica.

En las zonas donde se quiera instalar una puesta a tierra Single Point, se colocará otro tubo liso de polietileno de alta densidad de 63 mm de diámetro para la instalación del cable de cobre. En estos casos, como el cable de cobre debe cambiar su ubicación de un lado a otro de la línea a mitad de recorrido, los cables de fibra óptica también pasarán al otro lado en ese mismo punto, con lo que con dos tubos de 63 mm se instala tanto la fibra óptica como el cable de cobre para la puesta a tierra. Estos cambios del cable de cobre y de la fibra óptica de un tubo al otro se realizarán coincidiendo con una cámara de empalme.

La profundidad de la zanja a realizar para el soterramiento de la línea subterránea de alta tensión, salvo cruzamientos con otras canalizaciones que obliguen a variar la profundidad de la línea, se establece a partir de 1,25 metros.

La anchura de la zanja a realizar para el soterramiento de la línea subterránea de alta tensión será tal que los tubos de polietileno corrugado de doble capa, en donde se instalan los cables de potencia, tengan un recubrimiento lateral de hormigón de 10 cm, y de forma que en el caso de doble circuito se mantenga una distancia entre ternas de 60 cm

Cuando el tendido se haga por zonas sin urbanizar donde no se puedan tomar referencias fijas, EDE decidirá para cada caso concreto sobre la necesidad de efectuar la señalización exterior del trazado de cables subterráneos mediante la colocación de placas de señalización a lo largo del tendido, tomando como referencia la norma de EDE *KMH 001 "Ejecución de Obra civil para líneas subterráneas de Alta Tensión"*.

- Además de lo anterior, las canalizaciones en zanjas se ejecutarán de forma que:

Se colocará una solera de hormigón HM-20 de 5 cm de espesor para el asiento de los tubos.

Las tierras de relleno deberán alcanzar como mínimo un grado de compactación del 95% Proctor Modificado.

La cinta de señalización, referenciada en la norma ETU 205A, que servirá para advertir de la presencia de cables de alta tensión, se colocará a unos 20 cm por encima del prisma de hormigón que protege los tubos.

Se aconseja, además, la instalación de balizas para el marcado de la zanja y su posterior detección. Estas balizas ofrecen un método preciso, práctico y duradero para el marcado del trazado, pudiéndose programar para la inclusión de información específica, como los detalles de la instalación, el tipo de aplicación, tipo de material, fecha de colocación y otros detalles relevantes.

Las balizas han de operar incluso en presencia de conductos o tuberías de metal, otros conductores metálicos, alambradas, líneas de energía y balizas electrónicas de otros servicios y serán de color rojo (estándar APWA), lo que permitirá, además, cierta referencia visual de la tipología de elemento balizado (naranja – telefonía, azul – agua,...).

Se instalarán, como mínimo, balizas en los cambios de dirección, en los empalmes y cada 50 metros (a 50 m de la baliza anterior), a unos 0,7 m de profundidad (sobre el hormigón de protección, en el centro de la cara superior del prisma) y se programarán, al menos, con la siguiente información: Código de Baliza (existente por defecto), Nombre de Línea, Tensión y Tipo de ubicación (en traza, cambio dirección, empalme).

1.5.4.- ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA

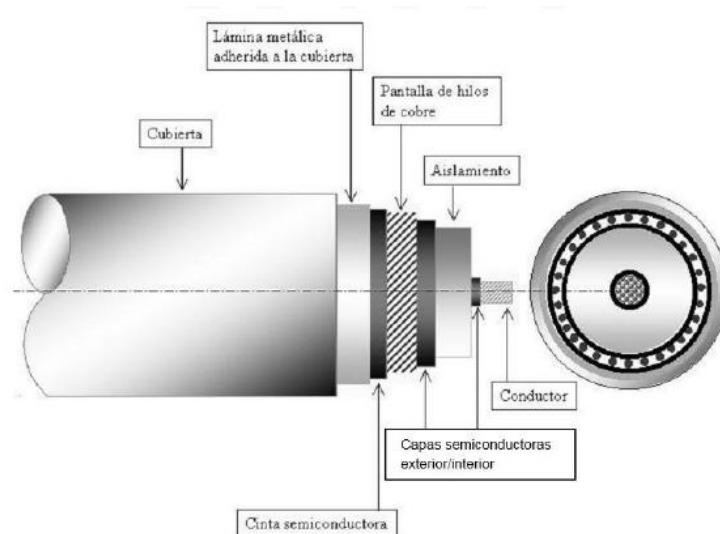
1.5.4.1 Cable aislado de potencia

La línea de 132 kV está constituida por dos ternas de cables dispuestos en triángulo.

El cable está constituido por los siguientes elementos::

- Conductor: Conductor de aluminio clase 2 de 1.200 mm² de sección. El conductor será de sección circular compacta con obturación longitudinal y de acuerdo con UNE 21022.
- Semiconductor interior: Formado por una cinta semiconductora opcional de empaquetamiento sobre el conductor para evitar la penetración en el interior de la cuerda del compuesto extruido. Sobre esta cinta, capa de compuesto semiconductor. Esta capa sirve para uniformizar el campo eléctrico a nivel de conductor y para asegurar que el conductor presenta una superficie lisa al aislamiento.
- Aislamiento: Compuesto de XLPE reticulado en atmósfera de N₂. El compuesto está sometido a un riguroso control de ausencia de contaminaciones. La mayor ventaja del XLPE sobre otros compuestos es que el cable aislado con XLPE puede trabajar a más altas temperaturas (90°C para el XLPE versus por ejemplo a 70°C para el PE), y este hecho tiene un efecto muy importante sobre la intensidad admisible que el cable puede transportar.
- Semiconductor exterior: Capa de compuesto semiconductor extruido sobre el aislamiento y adherido al mismo para evitar la formación de una capa de aire ionizable entre la pantalla y la superficie de aislamiento. Esta capa sirve para asegurar que el campo eléctrico queda confinado en el aislamiento.
- Proceso de extrusión: La extrusión se debe realizar sobre un cabezal triple, donde se aplican las 3 capas extruidas (semiconductor interior, aislamiento y semiconductor exterior) en el mismo momento. Esto garantiza interfases lisas entre el aislamiento y las pantallas semiconductoras que es esencial en cables de AT. La reticulación se realiza en seco en atmósfera de gas inerte (N₂) para evitar el contacto con el agua durante la fabricación.
- Material obturante: Incorporación de material absorbente de la humedad para evitar la propagación longitudinal de agua entre los alambres de la pantalla.
- Pantalla metálica: Pantalla de alambres de cobre de 120 mm² de sección.

- Contraespira: Cinta metálica cuya función es la conexión equipotencial de los alambres.
- Cubierta exterior: Cubierta exterior de poliolefina (PE) tipo ST 7 con lámina de aluminio longitudinalmente solapada y adherida a su cara interna para garantizar la estanqueidad radial. La cubierta será de color negro y estará grafitada, para poder realizar el ensayo de tensión sobre la cubierta del cable.



CARACTERÍSTICAS, COMPOSICIÓN Y DIMENSIONES DEL CABLE

Características nominales

- Tensión nominal (kV): 132
- Tensión de ensayo a frecuencia industrial durante 30 minutos entre conductor y pantalla (kV): 145
- Tensión soportada a los impulsos (kV): 650 (valor de cresta)
- Temperatura nominal máxima del conductor en servicio normal (°C): 90
- Temperatura nominal máxima del conductor en condiciones de cortocircuito (°C): 250

Composición:

- Sección del conductor (mm²): 1.200
- Material del conductor: Aluminio
- Material del aislamiento: XLPE
- Tipo de pantalla: hilos de cobre
- Material de la pantalla: cobre
- Sección de la pantalla (mm²): 120
- Material de cubierta: Poliolefina

Dimensiones:

- Diámetro del conductor (mm): 44,5
- Diámetro del conductor incluida la pantalla semiconductora (mm): 47,5
- Espesor de aislamiento(mm): 16
- Diámetro sobre aislamiento(mm): 79,5
- Diámetro sobre pantalla(mm): 85,1
- Espesor de la cubierta(mm): 3,8
- Diámetro exterior nominal(mm): 93,7
- Radio mínimo de curvatura durante el tendido(mm): 1.874
- Radio mínimo de curvatura en posición final(mm): 1.406
- Peso aproximado del cable (Kg/m): 9,7
- Esfuerzo máximo a la tracción (daN): 3.600

Características eléctricas del conductor

- Resistencia del conductor en c.c. a 20°C (ohm/km): 0,0247
- Resistencia de la pantalla en c.c. a 20°C (ohm/km): 0,1437
- Capacidad nominal del cable ($\mu\text{F}/\text{km}$): 0,2697
- Gradiente de potencial máximo (kV/mm): 6,2
- Gradiente de potencial mínimo (kV/mm): 3,7

Características nominales

- Tensión nominal U_0/U (kV): 76/132
- Tensión de ensayo a frecuencia industrial durante 30 minutos entre conductor y pantalla (kV): 145
- Tensión soportada a los impulsos (kV): 650 (valor de cresta)
- Temperatura nominal máxima del conductor en servicio normal (°C): 90
- Temperatura nominal máxima del conductor en condiciones de cortocircuito (°C): 250

Características en régimen permanente

Las características eléctricas de la línea, obtenidas a partir de la disposición física de la línea subterránea y de los datos de partida (temperatura de conductor, temperatura de pantalla, temperatura del terreno, resistividad del terreno, etc.) mostrados en el apartado de cálculos eléctricos adjunto en el documento de anexos, son las que se indican a continuación:

- Constante de efecto skin: $8,2 \text{ E-}8$ (conductor) y $2,61 \text{ E-}9$ (pantalla)
- Constante de efecto de proximidad: $1,78 \text{ E-}8$ (conductor) y $2,09 \text{ E-}9$ (pantalla)
- Tangente delta: 0,001
- Factor de pérdidas en la pantalla: $7 \text{ E-}4$
- Resistencia del conductor en c.a. a temperatura de servicio (ohm/ Km): 0,0312
- Resistencia de la pantalla en c.a. a temperatura de servicio (ohm/ Km): 0,1776
- Pérdidas en el dieléctrico (W/m): $4,89 \text{ E-}7$
- Resistencias térmicas:
 - T1 (K·m/W): 0,344
 - T2 (K·m/W): 0
 - T3 (K·m/W): 0,048
 - T4 (K·m/W): 1,028
- Inductancia del circuito (mH/Km): 0,0003095

- Reactancia del circuito (ohm/Km): 0,09724

Según la tabla 21 del manual KDZ 001, los valores de intensidad máxima admisible en régimen permanente son:

Intensidad máxima admisible (A): 952

Potencia máxima admisible (MVA): 218

Características de la instalación en régimen de cortocircuito

Las características, obtenidas a partir del cálculo adjunto en el documento de anexos, son las siguientes:

- Temperatura inicial del conductor en el c.c. (°C): 90
- Temperatura final del conductor en el c.c. (°C): 250
- Duración del cortocircuito en el conductor (s): 0,5
- Intensidad máxima de cortocircuito en el conductor (kA): 160
- Temperatura inicial de la pantalla en el c.c. (°C): 70
- Temperatura final de la pantalla en el c.c. (°C): 210
- Duración del cortocircuito en la pantalla (s): 0,5
- Intensidad máxima de cortocircuito en la pantalla (kA): 22,7

1.5.4.2 Conductor acompañamiento de tierras

En el tramo subterráneo, para realizar la conexión de pantallas de tipo Single-Pointllevará un cable de continuidad de tierras de 120 mm² de cobre.

1.5.4.3 Terminales

Los terminales de exterior serán de composite y para la tensión nominal que serequiera. Estos terminales tienen el aislador de composite cementada a una base metálica de fundición que a su vez está soportada por una placa metálica. Esta placa está montada sobre aisladores de pedestal los cuales se apoyan en la estructura metálica (torre, pórtico...). En el extremo superior, el arranque del conector está protegido por una pantalla contra las descargas parciales.

Se emplea un cono deflector elástico preformado para el control del campo en la terminación del cable, que queda instalado dentro del aislador. El aislador se rellena de aceite de silicona, que no requiere un control de la presión del mismo.

Este tipo de terminal permite aislar la pantalla del soporte metálico, lo cual es necesario para las conexiones especiales de pantallas flotantes en un extremo. Así mismo se pueden realizar ensayos de tensión de la cubierta para mantenimiento.

La conexión de los conductores a su conector se hace por manguitos de conexión a presión. La conexión está diseñada para resistir los esfuerzos térmicos y electromecánicos durante su funcionamiento normal y en cortocircuito.

La pantalla se conecta a la base metálica, de donde se deriva la conexión a tierra.

La línea de fuga exigida para el terminal de exterior (medida en kV de tensión más elevada por milímetro) será el indicado en la Tabla 1.

Tabla 1: Nivel de contaminación exigida al terminal de exterior

Nivel de contaminación	mm/kV
Zonas de muy alta contaminación salina	35,0

Que para una tensión de 132 kV resulta ser de 4.620 mm.

1.5.4.4 Cajas de conexión

Es una caja de conexión con tapa practicable de chapa de acero inoxidable para fijación sobre torre o pórtico a la intemperie. Esta envolvente proporciona un grado de protección IP54 s/ EN 60529. Dispone de dos prensaestopas; uno para la entrada del cable unipolar conectado a la pantalla del cable de alta en el terminal en su cara superior y el segundo para el cable conectado a la toma de tierra del sistema en su base.

El terminal engastado en el conductor del cable de pantalla está soportado mediante un aislador. Ello permite disponer de pantalla aislada para la realización de ensayos o bien mediante una pletina efectuar el puente para conectar directamente la pantalla a tierra.

La apertura y cierre de la tapa requiere el uso de llave para evitar la apertura indebida de la misma.

1.5.4.5 Autoválvulas-pararrayos

Con objeto de proteger los cables contra las sobretensiones provocadas por descargas atmosféricas se instalará una autoválvula o pararrayos en cada uno de los extremos de los cables unipolares.

La autoválvula será de óxido de zinc como elemento activo y con contador de descargas.

Las características exigidas serán las siguientes:

Tensión nominal (kV)	Tensión más elevada (kV)	Máxima sobretensión temporal (kV)	
		1 s	10 s
132	145	153	145

Corriente de descarga nominal: 10 kA.

Línea de fuga: igual a la exigida para los terminales.

El aislador de la autoválvula será polimérico o de porcelana.

La puesta a tierra de las autoválvulas se realizará conectando directamente al propio apoyo de entronque aéreo-subterráneo.

Las autoválvulas serán conformes a la norma SNE015 de Endesa Distribución. En el documento de anexos se adjunta ficha técnica con los detalles de las autoválvulas.

1.5.5.- APOYOS CONVERSIONES AEREO-SUBTERRANEA

1.5.5.1 Características de los apoyos

Los apoyos serán metálicos de celosía, formados por perfiles angulares normalizados con acero EN 10025 S 275 para las diagonales y EN 10025 S 355 para los montantes, siendo su anchura mínima 45 mm y su espesor mínimo de 4 mm.

Los tornillos empleados serán de calidad 5.6. La composición de la materia prima, la designación y las propiedades mecánicas cumplen la norma DIN-267, hoja 3. Las dimensiones de los tornillos y las longitudes de apriete se ajustan a las indicadas en la norma DIN-7990, con la correspondiente arandela de 8 mm, según norma DIN-7989 y tuercas hexagonales.

Para determinar el número y diámetro de los tornillos a emplear en cada unión se usarán las fórmulas adecuadas a la sollicitación a que estén sometidas las barras. También se usarán uniones soldadas.

PROTECCIÓN DE SUPERFICIES DE LOS APOYOS

Todos los apoyos tendrán protección por galvanizado en caliente. El galvanizado por inmersión en caliente se hará de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 1461:1999.

La superficie presentará una galvanización lisa adherente, uniforme, sin discontinuidad y sin manchas.

DIMENSIONES DE LOS APOYOS

Los nuevos apoyos a instalar serán del tipo fin de línea de paso a subterráneo, doble circuito y seguridad reforzada, adecuadamente dimensionado para la tensión del conductor y del cable de tierra. En función de las necesidades de cada ubicación y de las condiciones de utilización previstas se colocarán los siguientes apoyos:

• Función del apoyo	Nº de apoyo (según plano)	Tipo de apoyo
Fin de línea D/C.	3	CEFIRO-210-20-DH30a
Fin de línea D/C.	4	CEFIRO-210-17-DH30a
Fin de línea D/C.	5	CEFIRO-210-23-DH30a

Estos apoyos, relacionados en planos adjuntos, estará dotado de los herrajes necesarios para el anclaje de los terminales, autoválvulas, bajadas de cable, y demás accesorios necesarios.

La distancia entre fases viene dada por la distancia a mantener de los conductores entre sí, de acuerdo al apartado 5.4.1 de la ITC.LAT-07 del reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en las líneas eléctricas de alta tensión, en los vanos de la línea aérea. Esta distancia entre fases se ha dimensionado a 5 metros, distancia suficiente para el montaje de las botellas terminales.

La altura elegida de los apoyos viene dada por la distancia mínima reglamentaria a mantener al terreno y demás obstáculos por los conductores de la línea aérea.

1.5.5.2 Conductores del tramo aéreo

La línea aérea 132 KV. D/C “RINCONADA-SANTIPONCE” –“SAN JOSE SANTIPONCE” está dotada de un conductor de aluminio-acero, del tipo Al.Ac 280 que se mantiene en la modificación proyectada y cuyas características son las siguientes:

- Denominación LA-280
- Código UNE 242-AL1/39-ST1A
- Sección 281,1 mm²
- Diámetro 21,8 mm
- Composición (nº alambres x diámetro) Al 26x3,44/Acero 7x2,68
- Carga rotura 8.450 daN
- Resistencia a 20°C 0,1194 Ω/Km
- Peso 977 Kg/Km
- Módulo elasticidad 7.500 daN/mm²
- Coeficiente dilatación 18,9x10⁻⁶ °C⁻¹

CABLE DE TIERRA DEL TRAMO AÉREO

Para protección frente a las descargas atmosféricas y para comunicaciones la línea aérea estará dotada de un cable compuesto tierra-fibra óptica, del tipo OPGW. Para que la protección contra las descargas atmosféricas sea eficaz se dispondrá la estructura de la cabeza de las torres a instalar de forma que el ángulo que forma la vertical que pasa por el punto de fijación del cable de tierra, con la línea determinada por este punto y el conductor no exceda de 35°.

Todas las características de este cable de tierra deberán responder a lo especificado en la Norma de Endesa Distribución GE NNJ001. Las características principales son las siguientes:

- Denominación OPGW
- Nº de fibras 48
- Sección 78,9 mm²
- Diámetro 13,4 mm
- Carga rotura 5.500 daN
- Peso 650 Kg/Km
- Módulo elasticidad 11.640 daN/mm²
- Coeficiente dilatación 17,6°C⁻¹
- Resistencia eléctrica a 20°C 0,1194 Ω/Km
- Cortocircuito en 0,3 s 17 kA

1.5.5.3 Cadena de aislamiento

El aislamiento estará dimensionado mecánicamente para el conductor LA-280, garantizando un coeficiente de seguridad a rotura superior a 3, y eléctricamente para 132 kV. Éste constará de cadenas sencillas de aisladores de composite. Las características son las siguientes:

- Denominación CS 100 SB 650/3.625 – 1.380
- Material Composite
- Carga de rotura electromecánica y mecánica 100 kN
- Longitud del aislador 1.380 mm
- Nivel de aislamiento Fuerte
- Diámetro nominal máximo de la parte aislante 200 mm
- Norma de acoplamiento 16 A

La normativa aplicable para la fabricación de estos aisladores será:

- Norma GE LNE002 de EDE – Aisladores compuestos para líneas aéreas de A.T.
- de tensión nominal superior a 30 kV.
- UNE 21.909.- Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.
- UNE-EN 61.466.- Clases mecánicas y acoplamientos de extremos normalizados.
- UNE-EN 61.109.- Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.

Las características eléctricas del aislador son las siguientes, según CEI 61109:

- Tensión mantenida a frecuencia industrial bajo lluvia 275 kV
- Tensión mantenida a impulso tipo rayo 1,2/50micros 650 kV
- Longitud línea de fuga 3.625 mm
- Línea de fuga específica 25 mm/kV

Con estos aisladores se garantizan los niveles de aislamiento determinados por el R.L.A.T.

Herrajes para el conductor

Se engloban bajo esta denominación todos los elementos necesarios para la fijación de los aisladores a los apoyos y a los conductores, los de protección eléctrica de los aisladores y los accesorios del conductor como antivibradores, separadores, manguitos.

Se elegirán su comportamiento frente al efecto corona y serán fundamentalmente de acero forjado, protegido de la oxidación mediante galvanizado a fuego. Deberán tener un coeficiente de seguridad mecánica no inferior a 3 respecto a su carga mínima de rotura.

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

Cumplirán las normas siguientes:

- Norma GE LNE005 de EDE – Herrajes y accesorios para líneas aéreas de A.T. detensión nominal superior a 30 kV.
- Norma GE LNE006 de EDE – Cadenas de herrajes para líneas aéreas de A.T. detensión nominal superior a 30 kV.
- UNE-EN 61.28 – Requisitos y ensayos para herrajes de líneas eléctricasaéreas• UNE 207009 – Herrajes y elementos de fijación y empalme para líneas eléctricasaéreas de alta tensión.

Su composición, sus cargas de rotura y esfuerzos máximos a los que pueden ser sometidos

serán los indicados en la norma GE LNE006 de EDE.

Denominación cadena	Tipo de conductor	Cadena normalizada	Carga de rotura mínima (daN)	Carga de rotura mínima de grapa (daN)
Cadena de amarre sencilla conductor sencillo atornillada	LA-280	ASTX280	12.000	8.800

La composición de la cadena es la siguiente

Denominación de la cadena	Elementos		
	Cantidad	Denominación	Referencia
ASTX280	1	Grillete normal	GNT16
	1	Anilla bola	AB16
	1	Rótula protección sección cuadrada	RLPC16
	1	Grapa amarre atornillada	GAT4

Herrajes para el cable de tierra

Se instalarán los siguientes conjuntos de amarre:

Denominación cadena	Tipo de cable	Cadena normalizada	Carga de rotura mínima de grapa (dan)
Amarre retención con alargadera	OPGW	AROPGA	7.100

La composición es la siguiente:

Denominación de la cadena	Elementos		
	Cantidad	Denominación	Referencia
AROPGA	2	Grillete normal	GNT16
	1	Tirante	TA-1/L
	1	Guardacabos	G-16
	1	Varillas protección	VPOPGW
	1	Retención de amarre	RAOPG
	1	Conexión sencilla	GCSOPGW

1.5.5.4 Antivibradores

Sirven para proteger los cables de los efectos perjudiciales y roturas prematuras por fatiga de sus alambres, que pueden producir los fenómenos de vibración eólica a causa de vientos de componente transversal a la línea y velocidades comprendidas entre 1 y 10 m/s, con la consiguiente pérdida de conductividad y resistencia mecánica.

En general, según recomienda el apdo. 3.2.2 de la ITC-LAT 07, la tracción a 15°C no debe superar el 22% de la carga de rotura, si se realiza el estudio de amortiguamiento y se instalan dichos dispositivos, o que bien no supere el 15% de la carga de rotura si no se instalan.

El tipo y número de amortiguadores a colocar, así como su posición, es función del tipo de conductor y sus condiciones de tendido. Como regla general, según la norma LDZ001, a contrastar en caso de vanos especiales, se instalarán los siguientes amortiguadores:

- Conductor LA-280
- Tipo de amortiguador AMG 2
- Cantidad para vano ≤ 450 m uno por vano
- Cantidad para vano > 450 m..... dos por vano
- Distancia de colocación 1,05 m

1.5.5.5 Placas de señalización

En todos los apoyos se instalará una placa de señalización de riesgo eléctrico, donde se indicará la tensión de la línea (kV), el titular de la instalación y el número del apoyo.

La placa se instalará a una altura de 3 m en la cara paralela o más cercana a los caminos o carreteras para que pueda ser vista fácilmente.

1.5.5.6 Cimentaciones para los apoyos

Las cimentaciones de los apoyos serán de hormigón en masa de calidad HM-20 y deberán cumplir lo especificado en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE 98.

Se proyectan las cimentaciones de los distintos apoyos de acuerdo con la naturaleza del terreno.

Sobre la cimentación se hará la correspondiente peana, con un vierteaguas de 5 cm de altura.

Las diversas cimentaciones están indicadas en planos adjuntos.

1.5.5.7 Cerramiento alrededor de los apoyos de paso a subterráneo

Alrededor de los apoyos de paso a subterráneo se construirá un cerramiento con valla metálica o de obra de fábrica, que servirá para dar protección a la parte inferior del apoyo e impedir el acceso de personal no autorizado. Los cables se protegerán, en su parte más próxima al suelo, mediante una canaleta metálica de 3 metros de altura que se empotrá 50 cm en el terreno.

El cerramiento, de altura mínima 3 metros, llevará un remate de cuatro hileras de alambre de espinos, y contará con una puerta de acceso metálica.

1.5.5.8 Tomas de tierra de los apoyos

En todos los apoyos la resistencia de difusión de la puesta a tierra será inferior a 20Ω y las tomas serán realizadas teniendo presente lo que al respecto se especifica en el apartado 7.3 del reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en las líneas eléctricas de alta tensión. Para tal fin la puesta a tierra se materializará mediante picas de tierra.

Se dispondrán tantas picas conectadas al apoyo como sean necesarias para obtener valores inferiores a 20Ω . El extremo superior de la pica quedará, como mínimo, a 0,8 metros por debajo de la superficie del terreno. A esta profundidad irán también los cables de conexión entre las picas y el apoyo.

Dadas las características del terreno, los apoyos llevarán, como mínimo, 2 picas.

En los casos en que el apoyo se encuentre en una zona de pública concurrencia, la puesta a tierra se realizará en anillo cerrado que tendrá cuatro conexiones al apoyo, una por montante. Dicho anillo irá enterrado alrededor de la cimentación del apoyo manteniendo una distancia de un metro a la misma.

1.5.5.9 Condiciones técnico-ambientales

En cumplimiento del Artículo 7 del Decreto 178/2006, se aporta la información relativa a la adecuación de la instalación que nos ocupa a las condiciones técnico-ambientales establecidas en la citada norma.

Medidas antielectrocución:

El aislamiento a instalar en los nuevos apoyos estará constituido por una cadena de composite. Las características principales, mecánicas y eléctricas se describen en el documento de anexos. Teniendo en cuenta las dimensiones tanto de los aisladores como de los herrajes que forman la cadena, se obtiene que la longitud total de la misma, será de 1,80 m. Esta distancia es superior a 1 metro, que es la distancia mínima de seguridad entre la zona de posada y el elemento en tensión que marca el Artículo 4 del Decreto 178/2006.

En cuanto a los apoyos a instalar, sus características técnicas y dimensiones del armado se describen en el documento de anexos. En ambos casos las cadenas de amarre se instalarán en posición horizontal.

En el caso de los apoyos fin de línea, el puente flojo sube hasta el pararrayos y de éste pasa a la botella terminal, por lo que la distancia entre la cruceta superior y el conductor inferior del mismo lado, teniendo en cuenta que la longitud total del terminal es de 1,80 m y que la distancia entre fases es de 5 m, será superior a los 3 metros, cumpliéndose lo establecido en el Artículo 4 del Decreto 178/2006.

Medidas anticolidión:

Las medidas anticolidión establecidas en el Decreto 178/2006 serán de aplicación en las instalaciones aéreas de alta tensión, existentes o de nueva construcción, que discurran por las zonas de especial protección para las aves, calificadas por su importancia para la avutarda y el sisón, y a aquellas que discurran, dentro de un radio de dos kilómetros, alrededor de las líneas de máxima crecida de los humedales incluidos en el Inventario de Humedales de Andalucía.

Hasta tanto se declaren las zonas especiales de conservación, las medidas establecidas en el citado decreto serán de aplicación en las zonas designadas como lugares de interés comunitario.

Las instalaciones eléctricas a las que se refiere el citado Decreto, estarán dotadas de salvapájaros o señalizadores visuales en los cables de tierra aéreos o en los conductores, si aquellos no existen. En ausencia del cable de tierra aéreo se colocarán los salvapájaros en uno de los cables superiores. 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, los conductores.

La zona donde se va a llevar a cabo la modificación de la línea objeto del presente proyecto, no se encuentra en zona de especial protección ni en las proximidades de humedales por lo que no sería necesario adoptar las medidas anticolidión que se indican en el decreto mencionado anteriormente.

2.- MEMORIA DE CALCULO

2.1.- CÁLCULOS MECÁNICOS

2.1.1.- CÁLCULOS MECÁNICOS CONDUCTOR.

El tendido de los conductores se realizará utilizando las tablas de tensiones y flechas que aparecen al final de este apartado.

Estas tablas han sido obtenidas de forma que la componente horizontal de la tensión en los conductores no sobrepase en ningún caso su carga de rotura dividida por un coeficiente de seguridad igual a 3,00.

Cada tabla corresponde a un vano de regulación, es decir, a los tramos comprendidos entre apoyos de anclaje con apoyos de alineación intermedios.

La longitud de un vano de regulación se obtiene a partir de la longitud de cada vano intermedio y viene dada por la ecuación:

$$a_r = \sqrt{\frac{\sum a^3}{\sum a}}$$

Siendo:

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

a : Longitud proyectada de cada vano intermedio (m).

En la cabecera de cada tabla aparece el tipo de conductor, la longitud y la componente horizontal de la tensión que se ha adoptado para el vano de regulación.

También se muestran las condiciones iniciales de temperatura y sobrecarga para las que se alcanza la tensión horizontal adoptada.

Para obtener la tensión del conductor en otras condiciones de equilibrio diferentes (temperatura y sobrecarga), se ha empleado la "ecuación del cambio de condiciones" basada en la ecuación de la parábola, que tiene la forma:

$$T^2 \cdot (T + A) = B$$

donde:

$$A = \alpha \cdot (\theta - \theta_o) \cdot S \cdot E - T_o + \frac{a^2 \cdot p_o^2}{24 T_o^2} \cdot S \cdot E$$

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

Siendo:

- a: Longitud proyectada del vano de regulación (m).
- T_o : Tensión horizontal en las condiciones iniciales (daN).
- θ_o : Temperatura en las condiciones iniciales (°C).
- p_o : Sobrecarga en las condiciones iniciales (daN/m).
- T: Tensión horizontal en las condiciones finales (daN).
- θ : Temperatura en las condiciones finales (°C).
- p: Sobrecarga en las condiciones finales (daN/m).
- S: Sección del neutro fiador (mm²).
- E: Módulo de elasticidad del neutro fiador (daN/mm²).
- α : Coeficiente de dilatación lineal del neutro fiador (m/°C).

TRACCIÓN MÁXIMA ADMISIBLE. CONDICIONES INICIALES

Para la determinación de las condiciones iniciales de temperatura θ_o , peso con sobrecarga p_o y tracción horizontal del conductor T_o , se han aplicado las hipótesis que se detallan a continuación y se ha escogido la que produce tensiones más desfavorables en cada vano de regulación.

Hipótesis REGLAMENTARIA

Las condiciones de temperatura y sobrecarga aplicadas en esta hipótesis son las que se describen en la ITC-LAT 07, que dependen de la zona por donde se va a tender la línea:

ZONA A(entre 0 y 500 m. de altitud): Peso propio más sobrecarga de viento.

ZONA B(entre 500 y1000 m. de altitud): Peso propio más sobrecarga de hielo de $0,18x\sqrt{d}$ daN/m a la temperatura de -15°C .

ZONA C(a partir de 1000 m. de altitud): Peso propio más sobrecarga de hielo de $0,36x\sqrt{d}$ daN/m a la temperatura de -20°C .

Siendo d el diámetro del conductor en milímetros.

En nuestro caso consideramos para los cálculos que la línea se encuentra situada en zona B.

Hipótesis FENÓMENOS VIBRATORIOS (E.D.S.)

El E.D.S. (Every Day Stress) es la tensión a una temperatura de 15,0 °C, sin sobrecargas y dada en tanto por ciento respecto de la carga de rotura. Se considera que el valor límite del E.D.S. para que no se produzcan efectos vibratorios (tense al límite estático-dinámico) es del 15,0%.

Hipótesis ESPECIAL (HIELO+VIENTO)

Peso propio del conductor, sobrecarga de hielo a temperatura según zona, más sobrecarga de viento aplicada al conductor más el manguito de hielo.

2.1.2.- FLECHAS MÁXIMAS

Las flechas que se alcanzan en cada vano para la tensión correspondiente a las condiciones de equilibrio se han calculado utilizando la ecuación de Truxá:

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

Siendo:

p : Peso del conductor por metro lineal en las condiciones consideradas (daN/m).

a : Longitud proyectada del vano (m).

b : Longitud real del vano (m).

$$b = \sqrt{a^2 + h^2}$$

h : Desnivel (m).

T : Componente horizontal de la tensión (daN).

El tendido de la línea se ha realizado utilizando la curva catenaria correspondiente a las condiciones de flecha máxima y manteniendo una distancia al terreno mínima de 8,00 m.

La flecha máxima de los conductores se determina mediante las hipótesis siguientes:

a) Hipótesis de temperatura: sometidos a la acción de su peso propio y a la temperatura máxima previsible, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y las de servicio de la línea. Esta temperatura no será inferior a 50°C.

b) Hipótesis de hielo: sometidos a la acción de su peso propio y a la sobrecarga de hielo correspondiente a la zona, a la temperatura de 0°C

FLECHAS Y TENSIONES

LA 280 (242-AL1/39-ST1A) {1}

Zona A

Tense Máximo a $-5^{\circ} + V$ 2580 daN
 E.D.S. a $15^{\circ} 21\%$ (1775,76daN)

Zona C

Tense Hielo a $-20^{\circ} + H$ 3139,2 daN
 E.D.S a $10^{\circ} 22\%$ (1860,32daN)

Sección

281,1 mm²

Peso

0,977 Kg/m

Carga de Rotura

8456 Kg

Coef. Dilatación

1,89E-05 1/°C

Módulo Elasticidad

7553 Kg/mm²

Diámetro aparente

21,8 mm

Viento sobre conductor

1,09 Kg/m

Zona B

Tense Máximo a $-15^{\circ} + H$ 2943 daN
 E.D.S. a $10^{\circ} 23\%$ (1944,88daN)

Zona USUARIO

limite 1 a $-30^{\circ} + H$ 3139,2 daN

VANO APOYO 3

Tenses en daN. Flechas en metros. Vanos en metros. Cs es la relación entre la carga de rotura del cable y su tracción máxima.

A. Ini. A. Fin.	Vano	Vano Regul.	T F	CONDICIONES EN ZONA A											Cs	
				50°	40°	35°	30°	25°	15°	15°+V	10°	0°	-5°	-5°+½ V		-5°+V
EX 3	140	140	T	1112	1248	1329	1418	1518	20,68%	2076	1880	2169	2326	2398	2580	3,27
			F	2,11	1,88	1,77	1,66	1,55	1,34	1,71	1,25	1,08	1,01	1,13	1,38	

VANO APOYO 4

Tenses en daN. Flechas en metros. Vanos en metros. Cs es la relación entre la carga de rotura del cable y su tracción máxima.

A. Ini. A. Fin.	Vano	Vano Regul.	T F	CONDICIONES EN ZONA A											Cs	
				50°	40°	35°	30°	25°	15°	15°+V	10°	0°	-5°	-5°+½ V		-5°+V
EX 4	240	240	T	1346	1435	1485	1539	1598	20,46%	2262	1804	1971	2065	2222	2580	3,27
			F	5,13	4,81	4,65	4,49	4,32	3,99	4,62	3,83	3,5	3,34	3,57	4,05	

VANO APOYO 5

Tenses en daN. Flechas en metros. Vanos en metros. Cs es la relación entre la carga de rotura del cable y su tracción máxima.

A. Ini. A. Fin.	Vano	Vano Regul.	T F	CONDICIONES EN ZONA A											Cs	
				50°	40°	35°	30°	25°	15°	15°+V	10°	0°	-5°	-5°+½ V		-5°+V
EX 5	100	100	T	965	1130	1231	1345	1471	20,81%	1975	1919	2259	2437	2476	2580	3,28
			F	1,24	1,06	0,97	0,89	0,81	0,68	0,92	0,62	0,53	0,49	0,56	0,7	

2.1.3.- DISTANCIAS DE SEGURIDAD

- **AL TERRENO**

De acuerdo con el punto 5 de la ITC-LAT 07, la distancia de los conductores al terreno deberá ser superior a:

$5,3 + D_{el}$, en metros, con un mínimo de 6 metros.

El valor de Los valores de D_{el} , según la tabla 15, en función de la tensión más elevada de la línea, será de 1,20.

Por tanto $5,3+1,20 = 6,50$. Se adoptaría el mínimo reglamentario de 6 m, si bien el cálculo se ha desarrollado con una distancia al terreno mínima de 10 m.

- **ENTRE CONDUCTORES**

La distancia mínima de los conductores entre sí, y entre ellos y sus partes en tensión y masa, se obtienen mediante las expresiones contenidas en el punto 5.4.1 de la ITC-LAT 07, es decir:

Separación mínima entre conductores:

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

Siendo:

D : Distancia entre conductores.

K : Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento (tabla 16).

F : Flecha máxima (m).

L : Longitud en metros de la cadena de suspensión. En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de anclaje $L = 0$.

K' : Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea (0,85 para categoría especial y 0,75 para el resto)

Dado el conductor empleado y la categoría de la línea, según la tabla 16, se obtiene un valor para K de 0,60. De esta forma se ha escogido las crucetas para superar ampliamente la separación mínima entre conductores para cada vano.

- **ENTRE CONDUCTORES Y PARTES PUESTAS A TIERRA**

Según el punto 5.4.2 de la ITC-LAT 07, la separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos, no será inferior a D_{el} , con un mínimo de 0,20 m.

En el presente caso $D_{el} = 0,70$ m.

- **DESVIACIÓN DE LAS CADENAS DE AISLADORES**

Se calcula el ángulo de desviación de la cadena de aisladores en apoyos de alineación según la ecuación:

$$tg\gamma = \frac{\frac{k_v}{2} \cdot d \cdot \left(\frac{a_1 + a_2}{2}\right) + \frac{E_c}{2}}{p \cdot \left(\frac{a_1 + a_2}{2}\right) + T_{-5^\circ C + v/2} \cdot \left(\frac{h_1}{a_1} - \frac{h_2}{a_2}\right) + \frac{P_c}{2}}$$

Siendo:

γ : Ángulo de desviación.

E_c : Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores.

P_c : Peso de cada cadena.

a_1 y a_2 : Longitud proyectada del vano anterior y posterior (m).

h_1 y h_2 : Desnivel de vano anterior y posterior (m). Se consideran positivos si el apoyo de la derecha está más alto que el de la izquierda.

$T_{-5^\circ C + v/2}$: Componente horizontal de la tensión a $-5^\circ C$ con sobrecarga 1/2 de viento.

De acuerdo con las características de los apoyos de alineación utilizados, se admite un valor máximo para el ángulo de desviación, ya que en tal caso se guarda la distancia mínima reglamentaria entre conductores o partes en tensión y masa.

2.1.4.- CALCULO DE APOYOS.

A continuación se exponen los criterios utilizados para el cálculo de los esfuerzos externos actuantes sobre los apoyos:

a) Esfuerzos del viento sobre conductores en dirección normal a la línea

$$n \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} \cdot d \cdot k_v \cdot \cos\left(\frac{180 - \alpha}{2}\right) \quad [1]$$

Siendo:

n : Número de conductores.

a_1 y a_2 : Longitud proyectada del vano anterior y posterior (m).

d : Diámetro del conductor (mm).

k_v : Presión del viento: 0,06 si $d \leq 16$ mm. ó 0,05 para $d > 16$ mm.

α : Ángulo interno formado por los dos tramos de la línea en el apoyo que se calcula (grados sexagesimales). En apoyos que no introduzcan cambios de dirección $\alpha = 180^\circ$.

b) Esfuerzos del viento sobre herrajes y aisladores en dirección normal a la línea

Se ha considerado un esfuerzo de 7,0 daN. por cada cadena de aisladores, en función de sus características y superficie expuesta al viento.

c) Resultante de ángulo

Hipótesis de viento:

$$n \cdot 2 \cdot T_{-5^\circ C+V} \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad [2]$$

Siendo:

n : Número de conductores.

α : Ángulo interno formado por los dos tramos de la línea en el apoyo que se calcula (grados sexagesimales).

$T_{-5^\circ C+V}$: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de temperatura igual a $-5^\circ C$ más sobrecarga de viento.

Hipótesis de hielo (sólo zonas B y C)

$$n \cdot 2 \cdot T_{HIP.ZONA} \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad [3]$$

Siendo:

$T_{HIP.ZONA}$: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de temperatura y sobrecarga correspondientes según la zona:

ZONA B: $-15^\circ C$ más una sobrecarga de hielo de $0,18x\sqrt{d}$ daN/m.

ZONA C: -20°C más sobrecarga de hielo de valor $0,36\sqrt{d}\text{daN/m}$.

Para la selección del esfuerzo en punta necesario en el apoyo habrá que comparar el esfuerzo obtenido de la ecuación número [3] con el resultante de sumar el obtenido de la ecuación número [2] y el esfuerzo de viento resultante de aplicar la ecuación [1]. El mayor de estos esfuerzos servirá para obtener el esfuerzo en punta que debe soportar el apoyo de ángulo.

d) Desequilibrio de tracciones

100% de la tracción del conductor para los apoyos de inicio y fin de línea.

50% del tiro de conductores en apoyos de anclaje. Los apoyos de Ángulo se han considerado anclajes ya que llevan cadenas de aisladores de tipo anclaje.

8% del tiro de conductores en apoyos de alineación con cadenas de suspensión.

e) Rotura de conductores

El esfuerzo de rotura de conductores se aplica a los apoyos de tipo anclaje, inicio y final de línea, y equivale a un esfuerzo igual a la componente horizontal de la tensión aplicada en el extremo de la cruceta.

f) Peso de conductores sobre las crucetas

$$P_{HIP.ZONA} \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} + T_{HIP.ZONA} \cdot \left(\frac{h_1}{a_1} - \frac{h_2}{a_2} \right) \quad [4]$$

Siendo:

a_1 y a_2 : Longitud proyectada del vano anterior y posterior (m).

h_1 y h_2 : Desnivel de vano anterior y posterior (m). Se consideran positivos si el apoyo de la derecha está más alto que el de la izquierda.

$P_{HIP.ZONA}$: Peso más sobrecarga correspondiente a la zona:

ZONA B: Sobrecarga de hielo de valor $0,06\sqrt{d}\text{daN/m}$

$T_{HIP.ZONA}$: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de temperatura y sobrecarga correspondientes según la zona:

ZONA B: 0°C más sobrecarga de hielo de valor $0,06\sqrt{d}\text{daN/m}$.

f) Peso de los aisladores sobre las crucetas

Se ha considerado un peso de 11,5 daN. por cada cadena de aisladores, en función del número de elementos y de las características de los herrajes.

- **OBSERVACIONES AL CÁLCULO DE APOYOS**

Hipótesis de rotura de conductores

Se tiene en cuenta que en la línea proyectada se dan las condiciones establecidas en el apartado 4.4.3. del Reglamento, por lo que se prescinde de la hipótesis de rotura de conductores (4ª hipótesis) en los apoyos de alineación y de ángulo.

Apoyos cuyas caras soportan esfuerzos desiguales

Para los apoyos que tienen diferentes resistencias según la cara que recibe el esfuerzo, como ocurre con los postes de hormigón vibrado y de chapa metálica, se distingue entre esfuerzos nominales principal y secundario, según se apliquen a la cara de mayor o de menor resistencia, respectivamente.

Se denomina posición Normal a aquella en la que el apoyo se sitúa de modo que el esfuerzo principal soporta las acciones transversales a la línea, y posición Invertida cuando el esfuerzo principal soporta las acciones longitudinales.

El coeficiente **RN** es la relación entre los esfuerzos nominales principal y secundario. El coeficiente **RU** es la relación entre el esfuerzo nominal útil y el secundario útil, es decir, ambos libres de viento. Los esfuerzos útiles se obtienen a partir de los esfuerzos nominales descontando el efecto del viento sobre la cara correspondiente, y reducido éste al punto de aplicación del esfuerzo nominal.

La selección de apoyos de este tipo se realiza de igual modo que para los postes de igual resistencia en ambas caras, aunque mayorando los esfuerzos sobre la cara de menor resistencia utilizando el coeficiente **RN** si no intervienen esfuerzos de viento, o el coeficiente **RU** en caso de incidir el viento sobre esta cara.

El ángulo α es el que forma la resultante de esfuerzos con la alineación anterior, es por tanto el ángulo con que debe situarse la dirección principal del apoyo para que trabaje de forma adecuada.

Esfuerzos según una dirección no principal

En el caso de esfuerzos que no están dirigidos en la dirección de uno de los ejes de simetría del apoyo, se calcula el denominado esfuerzo equivalente en la dirección de uno de dichos ejes, para lo cual descomponemos el esfuerzo en otros dos coincidentes en su dirección con la de cada eje de simetría, y sumamos aritméticamente los dos esfuerzos perpendiculares.

Coeficientes de seguridad

La selección de los apoyos se realiza en base a catálogos de fabricantes, en los que los esfuerzos nominales que pueden soportar sus apoyos fabricados en serie ya llevan aplicados los coeficientes de seguridad del Reglamento de LAT. Estos coeficientes serán como mínimo los que se muestran en las tablas siguientes.

Para apoyos metálicos:

Tipo de apoyo	Hipótesis normales		Hipótesis anormales	
	1ª hipótesis	2ª hipótesis	3ª hipótesis	4ª hipótesis
Alineación	1,5 (1,45)	1,5 (1,45)	1,2 (1,15)	1,2 (1,15)
Ángulo	1,5 (1,45)	1,5 (1,45)	1,2 (1,15)	1,2 (1,15)
Anclaje	1,5 (1,45)	1,5 (1,45)	1,2 (1,15)	1,2 (1,15)
Fin de línea	1,5 (1,45)	1,5 (1,45)	-	1,2 (1,15)

Se podrán utilizar los coeficientes reducidos que aparecen entre paréntesis cuando la resistencia de los apoyos completos sea comprobada mediante ensayo en verdadera magnitud.

Apoyos de seguridad reforzada

Si el apoyo debe cumplir las condiciones de seguridad reforzada, que requieren un incremento del 25 por ciento en los coeficientes de seguridad, lo que se hace es multiplicar los esfuerzos actuantes por 1,25 y calcular el apoyo como si fuese de seguridad normal.

La hipótesis 4ªA refleja las cargas cuando hay rotura de esa fase. La 4ªB las cargas cuando la fase no está rota.

Poste Hu(m)	Función Segurid. Zona	Angulo Comp. °Sex.	Hip	Cs	FASES 6 fases Simplex				HILO TIERRA 1 hilo tierra				d (m)	α(°)	TOTAL Dm(m) FT (daN)
					L (daN)	T (daN)	H (daN)	V (daN)	L (daN)	T (daN)	H (daN)	V (daN)			
EX 20	FL Normal Zona A	-	1ª	1,5	2580	97	2677	71	1962	58	2020	35	1,92	-	18084
			2ª	1,5	---	---	---	---	---	---	---	---			
			3ª	1,2	---	---	---	---	---	---	---	---			
			4ªA	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0			
4ªB	1,2	2580	0	2580	71	1962	0	1962	0	1962	35	1,39	---		
3 20	FL Normal Zona A	-	1ª	1,5	2580	97	2677	93	1962	58	2020	52	1,92	-	18084
			2ª	1,5	---	---	---	---	---	---	---	---			
			3ª	1,2	---	---	---	---	---	---	---	---			
			4ªA	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0			
4ªB	1,2	2580	0	2580	93	1962	0	1962	0	1962	52	1,39	---		

La hipótesis 4ªA refleja las cargas cuando hay rotura de esa fase. La 4ªB las cargas cuando la fase no está rota.

Poste Hu(m)	Función Segurid. Zona	Angulo Comp. °Sex.	Hip	Cs	FASES 6 fases Simplex				HILO TIERRA 1 hilo tierra				d (m)	α(°)	TOTAL Dm(m) FT (daN)
					L (daN)	T (daN)	H (daN)	V (daN)	L (daN)	T (daN)	H (daN)	V (daN)			
EX 17	FL Normal Zona A	-	1ª	1,5	2580	152	2732	126	1962	99	2061	71	2,45	-	18452
			2ª	1,5	---	---	---	---	---	---	---	---			
			3ª	1,2	---	---	---	---	---	---	---	---			
			4ªA	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0			
4ªB	1,2	2580	0	2580	126	1962	0	1962	0	1962	71	1,39	---		
4 17	FL Normal Zona A	-	1ª	1,5	2580	152	2732	134	1962	99	2061	77	2,45	-	18452
			2ª	1,5	---	---	---	---	---	---	---	---			
			3ª	1,2	---	---	---	---	---	---	---	---			
			4ªA	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0			
4ªB	1,2	2580	0	2580	134	1962	0	1962	0	1962	77	1,39	---		

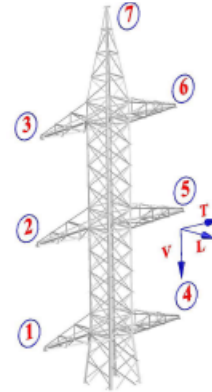
La hipótesis 4ªA refleja las cargas cuando hay rotura de esa fase. La 4ªB las cargas cuando la fase no está rota.

Poste Hu(m)	Función Segurid. Zona	Angulo Comp. °Sex.	Hip	Cs	FASES 6 fases Simplex				HILO TIERRA 1 hilo tierra				d (m)	α(°)	TOTAL Dm(m) FT (daN)
					L (daN)	T (daN)	H (daN)	V (daN)	L (daN)	T (daN)	H (daN)	V (daN)			
EX 24	FL Normal Zona A	-	1ª	1,5	2580	76	2655	84	1962	41	2003	47	1,72	-	17936
			2ª	1,5	---	---	---	---	---	---	---	---			
			3ª	1,2	---	---	---	---	---	---	---	---			
			4ªA	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0			
4ªB	1,2	2580	0	2580	84	1962	0	1962	0	1962	47	1,39	---		
5 23	FL Normal Zona A	-	1ª	1,5	2580	76	2655	42	1962	41	2003	15	1,72	-	17936
			2ª	1,5	---	---	---	---	---	---	---	---			
			3ª	1,2	---	---	---	---	---	---	---	---			
			4ªA	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0			
4ªB	1,2	2580	0	2580	42	1962	0	1962	0	1962	15	1,39	---		

CALCULO ESFUERZOS APOYOS

Apoyo 3

Altura Útil (m) : 20
 Seguridad : Normal
 Función : Fin de línea
 Armado : Doble circuito
 Vano anterior (m) : 140
 Vano posterior (m) : ---
 N : 0.0043
 D. Fases nec. (m) : 1.92
 D. Masa nec. (m) : 1.39
 Ángulo desvío cadena : 0
 Contrapeso (Kg) : 0



ESFUERZOS NECESARIOS (daN)

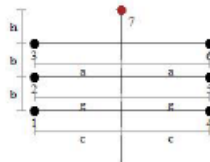
PUNTO	1ª Hip. (Cs=1,5)			2ª Hip. (Cs=1,5)			3ª Hip. (Cs=1,2)			4ª Hip. (Cs=1,2)					
	V	L	T	V	L	T	V	L	T	FASE ROTA			FASE NO ROTA		
1	93	-2580	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93	2580	0
2	93	-2580	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93	2580	0
3	93	-2580	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93	2580	0
4	93	-2580	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93	2580	0
5	93	-2580	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93	2580	0
6	93	-2580	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93	2580	0
7	52	-1962	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52	1962	0

APOYO SELECCIONADO

Denominación : CEFIRO-210-20-DH30a

D. Fases Real (m) : 3
 D. Masa Real (m) : 1.5

	1ª Hip.	2ª Hip.	3ª Hip.	Rot. Cond.	Rot. H.T.
Utilización	97.47%	0%	0%	11.2%	11.2%
Coefficiente seg.	1.54	---	---	10.72	10.72



b (m) : 3
 a (m) : 2.1
 c (m) : 2.2
 g (m) : 2.1
 h (m) : 3

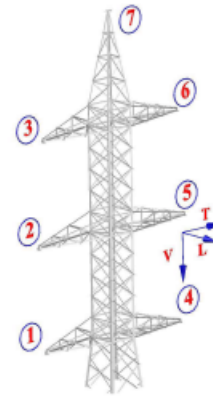
Terreno
 α (°) : 30
 σ (kg / cm²) : 3

Fundaciones (TetraBloque)
 b : 0
 H : 3.4
 c : 2.95

Tonajes
 Excavación (m³) : 32.67
 Ocupación (m³) : 20.25
 Peso apoyo (kg) : 5579.7

Apoyo 4

Altura Útil (m) : 17
 Seguridad : Normal
 Función : Fin de línea
 Armado : Doble circuito
 Vano anterior (m) : 240
 Vano posterior (m) : ---
 N : -0,0007
 D. Fases nec. (m) : 2,45
 D. Masa nec. (m) : 1,39
 Ángulo desvío cadena : 0
 Contrapeso (Kg) : 0



ESFUERZOS NECESARIOS (daN)

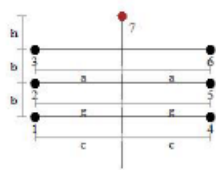
PUNTO	1º Hip. (Cs=1,5)			2º Hip. (Cs=1,5)			3º Hip. (Cs=1,2)			4º Hip. (Cs=1,2)						
	V	L	T	V	L	T	V	L	T	FASE ROTA			FASE NO ROTA			
1	134	-2580	152	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134	2580	0
2	134	-2580	152	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134	2580	0
3	134	-2580	152	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134	2580	0
4	134	-2580	152	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134	2580	0
5	134	-2580	152	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134	2580	0
6	134	-2580	152	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134	2580	0
7	77	-1952	99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77	1952	0

APOYO SELECCIONADO

Denominación : CEFIRO-210-17-DH30a

D. Fases Real (m) : 3
 D. Masa Real (m) : 1,5

	1º Hip.	2º Hip.	3º Hip.	Rot. Cond.	Rot. H.T.
Utilización	99,38%	0%	0%	70,87%	60,39%
Coefficiente seg.	1,51	---	---	1,69	1,99



b (m) : 3
 a (m) : 2,1
 c (m) : 2,2
 g (m) : 2,1
 h (m) : 3

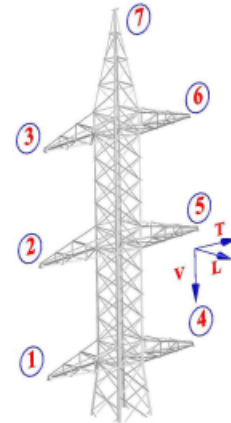
Terreno
 α (°) : 30
 σ (kg / cm²) : 3

Fundaciones
 (TetraBloque)
 b : 0
 H : 3,35
 c : 3,75

Totales
 Excavación (m³) : 36,48
 Ocupación (m³) : 29,16
 Peso apoyo (kg) : 4841,55

Apoyo 5

Altura Útil (m) : 23
 Seguridad : Normal
 Función : Fin de línea
 Armado : Doble circuito
 Vano anterior (m) : 100
 Vano posterior (m) : ---
 N : -0,008
 D. Fases nec. (m) : 1,72
 D. Masa nec. (m) : 1,39
 Ángulo desvío cadena : 0
 Contrapeso (Kg) : 0



ESFUERZOS NECESARIOS (daN)

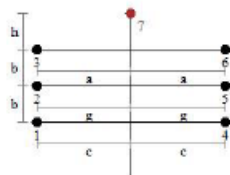
PUNTO	1º Hip. (C _s =1,5)			2º Hip. (C _s =1,5)			3º Hip. (C _s =1,2)			4º Hip. (C _s =1,2)					
	V	L	T	V	L	T	V	L	T	FASE ROTA			FASE NO ROTA		
1	42	-2580	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	2580	0
2	42	-2580	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	2580	0
3	42	-2580	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	2580	0
4	42	-2580	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	2580	0
5	42	-2580	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	2580	0
6	42	-2580	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	2580	0
7	15	-1982	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	1982	0

APOYO SELECCIONADO

Denominación : CEFIRO-210-23-DH30a

D. Fases Real (m) : 3
 D. Masa Real (m) : 1,5

	1º Hip.	2º Hip.	3º Hip.	Rot. Cond.	Rot. H.T.
Utilización	98,71%	0%	0%	70,87%	60,38%
Coefficiente seg.	1,55	---	---	1,08	1,08



b (m) : 3
 a (m) : 2,1
 c (m) : 2,2
 g (m) : 2,1
 h (m) : 3

Terreno
 α (°) : 30
 σ (kg / cm²) : 3

Fundaciones (TetraBloque)
 b : 0
 H : 3,3
 c : 4,55

Totales
 Excavación (m³) : 38,15
 Ocupación (m³) : 39,06
 Peso apoyo (kg) : 6174

2.1.5.- CALCULO DE CIMENTACIONES

Las dimensiones de los cimientos se han calculado de modo que se confía su estabilidad fundamentalmente a las reacciones horizontales del terreno (reacciones laterales de las paredes del cimiento), estableciendo como condición, según el punto 3.6 de la ITC-LAT 07 que el ángulo de giro de la cimentación tome un valor cuya tangente sea inferior a 0,01 para alcanzar el equilibrio entre las acciones que tienden a producir un vuelco y las reacciones del terreno.

Los momentos estabilizadores producidos por las reacciones del terreno sobre los cimientos se han calculado usando las ecuaciones de Sulzberger:

$$Me = 139 \cdot C_2 \cdot b \cdot h_c^4 + a^2 \cdot b \cdot (h_c + db) \cdot 2200 \cdot \left(0'5 - \frac{2}{3} \cdot \sqrt{11' \cdot \frac{h_c}{a} \cdot \frac{1}{10 \cdot C_2}} \right) \text{N} \cdot \text{m}$$

Se ha elegido un terreno de naturaleza Clasificación típica. Normal C2 = 10 daN/cm³, siendo C₂ el coeficiente de compresibilidad del terreno a 2m de profundidad, para el que se ha elegido un valor de 10,00 daN/cm³.

Para cimentaciones de profundidad superior a $h_c > 2$ metros se tomará C₂ constante y se aplicará la siguiente ecuación:

$$Me = 278 \cdot C_2 \cdot b \cdot h_c^3 + a^2 \cdot b \cdot (h_c + db) \cdot 2200 \cdot \left(0'5 - \frac{2}{3} \cdot \sqrt{11' \cdot \frac{h_c}{a} \cdot \frac{1}{10 \cdot C_2}} \right) \text{endaN} \cdot \text{m}$$

Siendo:

C₂: Coeficiente de compresibilidad del terreno a la profundidad de 2 metros (daN/cm³).

h_c: Profundidad de cimentación (m).

db: Espesor del cimiento de hormigón que sobresale del terreno (m).

a: Lado del cimiento paralelo al esfuerzo nominal (m).

b: Lado del cimiento perpendicular al esfuerzo nominal (m).

Los momentos de vuelco han de calcularse con respecto al eje de giro del cimiento, cuya situación se supone a los 2/3 de la altura h_c del cimiento.

Los momentos de vuelco debidos al viento sobre la propia estructura del apoyo se calculan de acuerdo con lo establecido en el Reglamento LAT. En el caso particular de apoyos de celosía, el cálculo del esfuerzo del viento requiere el conocimiento de la superficie real expuesta al viento, por lo que el valor de dicho esfuerzo del viento se ha tomado de los datos facilitados por el fabricante.

En apoyos de tipo tronco-piramidal el punto de aplicación del esfuerzo del viento se calcula por la ecuación

$$H = \frac{H}{3} \frac{d_b + 2 \cdot d_c}{d_b + d_c}$$

siendo H la altura libre total y d_b y d_c las anchuras en el empotramiento y en la cogolla, respectivamente.

El coeficiente de seguridad al vuelco será el cociente entre el momento estabilizador debido al cimiento y el momento de vuelco total, calculados en la forma que ha sido indicada. En las cimentaciones de apoyos se da la circunstancia de que el momento estabilizador es debido en su mayor parte a las reacciones horizontales del terreno sobre las paredes verticales del macizo. En tal caso debe cumplirse que la tangente del ángulo de desviación para que se llegue a las reacciones del terreno que determinan la estabilidad no debe ser superior a 0,01, condición que es tomada en cuenta en la ecuación de Sulzberger. En cuanto al coeficiente de seguridad, en tales circunstancias, se ha adoptado un valor mínimo de 1,20.

Se ha de señalar que, en aquellos casos en los que, por exigirse las condiciones de seguridad reforzada, el coeficiente de seguridad debe ser incrementado un 25 por ciento, lo que se ha hecho es incrementar un 25 por ciento los esfuerzos externos actuantes transmitidos por los conductores. Igualmente han de ser incrementados en un 25 por ciento los momentos de vuelco correspondientes a esfuerzos del viento sobre las estructuras de los apoyos.

Las cimentaciones resultantes se reflejan en tabla adjunta en planos.

2.2.- CÁLCULOS ELÉCTRICOS TRAMO AÉREO

2.2.1.- CALCULO INTENSIDAD DE DEFECTO Y TENSION DE PASO.

Dado que los apoyos se encontrarán en una zona tal que se consideran no frecuentados, y la línea está provista de desconexión automática, no es exigible el cumplimiento de las condiciones en relación con las tensiones de contacto, ya que se puede considerar despreciable la probabilidad de acceso y la coincidencia de un fallo simultaneo.

DATOS DE PARTIDA:

Intensidad máxima de defecto..... 600 A.

Resistividad del terreno (TABLA 1, MIE RAT 13)..... 500 Ω /m.

Tiempo desconexión defecto..... 1 s.

RESISTENCIA A TIERRA.

$$R_t = K_r \times \rho = 0,416 \times 500 = 208\Omega.$$

INTENSIDAD DE DEFECTO

$$I_d = \frac{11.547}{20 + R_t} = 50,64A$$

TENSIONES DE PASO

Tensión de paso máxima real.

$$K_p \times \rho \times I_d = 0,0785 \times 500 \times 50,64 = 1.987,62 V.$$

Tensión de paso máxima admisible.

-Terreno sin recubrir:

$$V_c = \frac{10 \times K}{t^n} \left(1 + \frac{6 \times \rho}{1.000} \right) = 3.140V$$

La tension es superior a la real.

- La resistividad superficial mínima del terreno para que se cumplan las condiciones reglamentarias en cuanto a las tensiones de paso, será:

$$r_s = \left(\frac{K_p \times \int \times I_d}{\frac{10 \times K}{t^n}} \right) \times \frac{1.000}{6} = 422 \Omega m$$

2.2.2.- POTENCIA MÁXIMA DE TRANSPORTE.

La máxima potencia que se puede transportar por esta línea, atendiendo al tipo de conductor usado es

$$P = \sqrt{3} \times I_{\max} \times U$$

Siendo:

$$I_{\max} = 2 \times 581 = 2 \times 581 = 1.162$$

$$U = 132 \text{ KV}$$

Por tanto la potencia máxima que se podrá transportar será:

$$P = \sqrt{3} \times I \times U = \sqrt{3} \times 1.162 \times 132 = 265,35 \text{ MVA.}$$

2.2.3.- INTENSIDADES Y CAIDA DE TENSION.

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_{\max} \cdot L \cdot (R \cdot \cos \Phi + X \cdot \text{sen} \Phi)$$

L: Longitud del tramo en km.

R: Resistencia del conductor en Ohmios por kilómetro ($R = 0,0718 \Omega \text{ km}$)

X: Reactancia en Ohmios por kilómetro tro ($X = 0,3939 \Omega \text{ km}$)

φ : Ángulo de fase.

Dado que se trata solo de dos vanos, se considera despreciable.

2.2.4.- PERDIDA DE POTENCIA

La pérdida de potencia que, por el efecto Joule, se produce en la línea viene dada por la expresión:

$$P_{\text{potencia}} = 3 \times R \times I^2 \times L$$

La potencia perdida es despreciable, dado que se trata de dos vanos.:

2.2.5.- EFECTO CORONA

El efecto corona viene condicionado fundamentalmente por la rigidez del aire y el campo eléctrico creado en la superficie del conductor, produciéndose efecto visible cuando el campo eléctrico en la superficie del conductor es tal, que rebasa la rigidez dieléctrica del aire. La tensión para la cual comienzan los efectos visuales se denomina “tensión crítica disruptiva”. El valor de esta tensión crítica, a partir del cual se inician las pérdidas, depende de diversos factores como son el diámetro, la separación y rugosidad de los conductores, el estado higrométrico del aire y su densidad.

La formula general, o fórmula de Peek, para calcular la tensión crítica, recoge los factores relacionados anteriormente y se fundamenta en que la tensión disruptiva del aire a una presión de 760 mmHg y a una temperatura de 25°C es de 29,8 kV/cm.

$$U_c = \frac{29,8}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{3} \cdot \delta \cdot m_c \cdot m_t \cdot r \cdot \log\left(\frac{D}{r}\right)$$

$$U_c = \frac{29,8}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{3} \cdot 0,953 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 1,09 \cdot \ln\left(\frac{356,71}{1,09}\right) = 149,288 \text{ kV}$$

Siendo:

- U_c = Tensión compuesta crítica disruptiva (kV).
- m_c = Coeficiente de rugosidad del conductor, (1 para hilos lisos y pulidos; 0,95 para hilos oxidados y ligeramente rugosos; 0,85 para cables).
- 29,8 = Rigidez dieléctrica del aire a 25°C y 70 mmHg.
- δ = Factor de corrección de la densidad del aire en función de la presión barométrica y la temperatura:

$$\delta = \frac{3,926 \cdot h}{273 + \theta} \Rightarrow \delta = \frac{3,926 \cdot 70,10}{273 + 15,91} = 0,953$$

h = presión barométrica en centímetros de mercurio

$$\ln(h) = \ln(76) - 2,3 \frac{\text{altitudmedia}(m)}{18336}$$

$$h = e^{4,3307 - 2,3 \frac{643,43}{18336}} = 70,10 \text{ cmHg}$$

θ = temperatura media en °C

- mt = Coeficiente para tener en cuenta el efecto de lluvia. De valor 1,0 para buen tiempo y 0,8 para tiempo con lluvia.

- r = radio del conductor (cm).

- D distancia media geométrica entre fases (cm).

$$D = \sqrt[3]{D_1 \cdot D_2 \cdot D_3} \Rightarrow D =$$

$$D_1 = \frac{\sqrt{D_{12} \cdot D_{12'} \cdot D_{13} \cdot D_{13'}}}{D_{11'}}$$

$$D_2 = \frac{\sqrt{D_{21} \cdot D_{21'} \cdot D_{23} \cdot D_{23'}}}{D_{22'}}$$

$$D_3 = \frac{\sqrt{D_{31} \cdot D_{31'} \cdot D_{32} \cdot D_{32'}}}{D_{33'}}$$

Dado que la tensión crítica U_c es igual a 149,288 kV y la tensión de trabajo de la línea es de 132 kV, no existirán pérdidas por efecto corona.

2.3.- CÁLCULOS ELÉCTRICOS TRAMO SUBTERRÁNEO

2.3.1.- POTENCIA MAXIMA DE TRANSPORTE.

La máxima potencia que se puede transportar por esta línea, atendiendo al tipo de conductor usado es

$$P = \sqrt{3} \times I_{\max} \times U$$

Siendo:

$$I_{\max} = 2 \times 952 = 1.904 \text{ A.}$$

$$U = 132 \text{ KV}$$

Por tanto la potencia máxima que se podrá transportar será:

$$P = \sqrt{3} \times I \times U = \sqrt{3} \times 1.904 \times 132 = 434,79 \text{ MVA.}$$

APÉNDICE 3: DESVIÓ Y SOTERRAMIENTO LÍNEAS 132 Kv. D/C “RINCONADA-SANTIPONCE” –“SAN JOSE SANTIPONCE”.

INDICE

1.- MEMORIA DESCRIPTIVA.....	2
1.1.- Objeto del Apéndice.....	2
1.2.- Reglamentación Aplicable.....	2
1.3.- Descripción del Soterramiento	4
1.4.- Normativa Medioambiental	4
1.5.- Descripción y características de la instalación	4
1.5.1.- Características de la instalación subterránea	4
1.5.2.- Trazado y disposición de las líneas.....	5
1.5.3.- Características de la canalización.....	6
1.5.4.- Elementos constituyentes de la línea subterránea.....	8
1.5.5.- Apoyos conversiones aéreo-subterránea.....	14
2.- MEMORIA DE CÁLCULO	22
2.1.- Cálculos Mecánicos	22
2.1.1.- Cálculos Mecánicos Conductor.....	22
2.1.2.- Flechas Máximas.....	24
2.1.3.- Distancias de Seguridad.....	26
2.1.4.- Cálculo de Apoyos.....	27
2.1.5.- Cálculo de Cimentaciones.....	35
2.2.- Cálculos eléctricos tramo aéreo	37
2.2.1.- Cálculo intensidad de defecto y tensión de paso.....	37
2.2.2.- Potencia máxima de transporte.....	38
2.2.3.- Intensidades y caída de tensión.....	38
2.2.4.- Pérdida de Potencia	38
2.2.5.- Efecto Corona.....	39
2.3.- Cálculos eléctricos tramo subterráneo	41
2.3.1.- Potencia máxima de transporte.....	41
ANEXO 1.- FICHAS DE MATERIALES	

1.- MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1.- OBJETO DEL APENDICE

El objeto del Apéndice es realizar el soterramiento de la línea 132 KV. D/C “RINCONADA-SANTIPONCE” –“SAN JOSE SANTIPONCE”, a su paso por los terrenos que conformarán *la 1ª fase del ÁREA LOGÍSTICA DE INTERÉS AUTONÓMICO DE MAJARABIQUE (SEVILLA)*, de forma que dichos terrenos queden liberados de la servidumbre para su ejecución.

La línea a desviar es propiedad de Endesa Distribución, por lo que se deberá de solicitar una petición de variante a la citada entidad, de modo que aporte el Pliego de CTE, en el que incluirá la conexión en los extremos de los desvíos. Dichas conexiones las deberá de ejecutar Endesa.

El nuevo tramo subterráneo y los apoyos fin de línea serán cedidos a Endesa que los incorporará a su línea.

1.2.- REGLAMENTACIÓN APLICABLE

Para la redacción del presente proyecto se han tenido en cuenta las especificaciones siguientes:

- Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión (R.D. 223/2008, 15 Febrero).
- Ley del Sector Eléctrico (Ley 54/1997, 27 Noviembre). Ley 17/2007, de 4 de julio.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de Diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimiento de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación (R.D. 3275/1982, 12 Noviembre), así como las Órdenes de 6 de julio de 1984 y de 18 de octubre de 1984 por las que se aprueban las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre dicho reglamento y sus actualizaciones posteriores.
- Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.
- Decreto 178/2006, de 10 de octubre, de la Junta de Andalucía, por el que se establecen normas de protección de la avifauna para las instalaciones eléctricas de alta tensión.

- Normativa particular de Endesa Distribución Eléctrica aplicable.
 - LDZ001 - Criterios de Diseño de Líneas Aéreas de Alta Tensión.
 - LME001 - Procedimiento para la construcción de líneas aéreas de A.T.
 - KDZ001 - Criterios de diseño de los sistemas subterráneos de alta tensión.
 - KNE 001 - Cables subterráneos de Alta Tensión
 - KNE 002 - Empalmes para cables subterráneos de Alta Tensión
 - KNE 003 - Terminales para cables subterráneos de Alta Tensión
 - KNE 004 - Cajas de conexión y pequeño material para instalaciones subterráneas de Alta Tensión
 - KME 003 - Procedimiento de tendido de cables subterráneos de Alta Tensión
 - KMZ 001 - Procedimiento de control de calidad para instalaciones subterráneas de Alta Tensión
 - KME 001 - Instrucciones generales de montaje de empalmes y terminales para cables subterráneos de Alta Tensión
 - KMH 001 - Ejecución de Obra Civil para instalaciones subterráneas de Alta Tensión
 - KEZ 001 - Procedimiento de Mantenimiento para revisión de líneas subterráneas de Alta Tensión
 - KME 002 - Ensayos de puesta en servicio en instalaciones subterráneas de Alta Tensión
 - UNE 21144 (CEI 287) - Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Partes 1, 2 y 3
 - UNE 21-192 (CEI 949) - Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático.
 - UNE 21-191 (CEI 853) - Cálculo de las capacidades de transporte de los cables para regímenes de carga cíclicos y sobrecarga de emergencia. Régimen cíclico para cables de tensiones superiores a 18/30 (36) kV y regímenes de emergencia para cables de todas las secciones.
 - Normas UNE
- Disposiciones municipales que afecten a este tipo de instalaciones.
- RD 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

- Decreto 73/2012, de 22 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Residuos de Andalucía.
- Decreto 397/2010, de noviembre, por el que se aprueba el Plan Director Territorial de Residuos No Peligrosos de Andalucía 2010-2019.

1.3.- DESCRIPCIÓN DEL SOTERRAMIENTO

La actuación consistirá en la implantación de dos apoyos fin de línea (denominados en planos como nº 1 y 2), de forma que se realizará el tendido subterráneo entre dichos apoyos, ejecutando los correspondientes pasos aéreo-subterráneo, desmontando el trazado aéreo comprendido entre ellos, según se puede observar en planos adjuntos.

1.4.- NORMATIVA MEDIOAMBIENTAL

No será preciso tramite Medio Ambiental alguno para la modificación de la línea 132 KV. D/C “RINCONADA-SANTIPONCE” – “SAN JOSE SANTIPONCE”.

Según la Ley 7/2007 de 9 de Julio de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, en el punto nº 2.17 de su Anexo I, indica que para el caso de la construcción de líneas aéreas para el suministro de energía eléctrica de longitud inferior a 3.000 m, no se requerirá Calificación Ambiental si se da el siguiente caso:

Sustituciones de líneas aéreas que no se desvíen de la traza más de 100 metros.

Por lo anteriormente indicado, este proyecto no requiere de dicho estudio de Calificación Ambiental.

1.5.- DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

1.5.1.- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN SUBTERRÁNEA

Longitud entre terminales	810 m
Tensión nominal	132 kV
Intensidad nominal	574 A
Número de circuitos	2
Número de cables	6
Intensidad de cortocircuito en el conductor	160 kA

Intensidad de cortocircuito en la pantalla	22 kA
Tiempo de accionamiento de la protección del cable	0,5 seg.
Tipo de canalización	Bajo tubo
Disposición de los cables	Tresbolillo
Profundidad de instalación a eje de tubular	1250 mm
Conexión de pantallas	Single point

1.5.2.- TRAZADO Y DISPOSICIÓN DE LAS LÍNEAS.

El trazado subterráneo se inicia en el nuevo apoyo nº 1 de conversión aéreo- subterráneo. Desde este apoyo la línea discurrirá subterránea por los viales de la urbanización, terminando en el apoyo nº 2, a partir del cual continuará el actual trazado aéreo., como se refleja en el plano de planta que se acompaña.

En la línea subterránea no es necesario realizar empalmes en el cable aislado debido a la longitud de la misma.

La elección de hacer una conexión a tierra en un punto (Single point) del circuito queda justificada por la longitud del mismo.

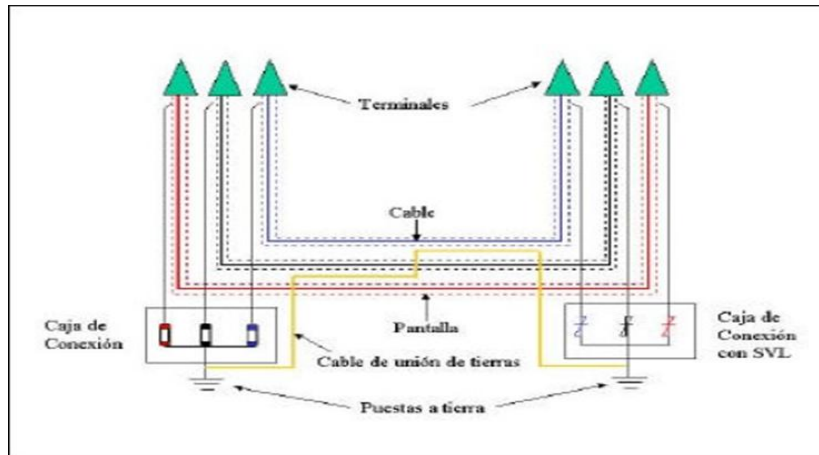
Las fases estarán dispuestas en triángulo, y cada uno de los cables irá por el interior de un tubo de polietileno de doble capa, quedando todos los tubos embebidos en un prisma de hormigón.

La zanja por la que van a discurrir los cables debe responder a lo especificado en la norma de Endesa Distribución "Criterios de diseño de líneas subterráneas de alta tensión".

Se realizará una conexión a tierra en un solo punto (single point) en el extremo del circuito (end point bonded).

En este tipo de conexión, las pantallas están conectadas a tierra en un extremo del trazado. En todos los otros puntos, las pantallas están aisladas de tierra. La pantalla que ha sido aislada de tierra tendrá una tensión inducida proporcional a la longitud del circuito, a la intensidad que pase por el conductor y a la separación entre cables. Esta tensión tendrá el valor máximo en el punto más alejado de la conexión a tierra. Debido a que el circuito no está cerrado, se eliminan las circulaciones de corrientes por las pantallas.

En la conexión single point existe también un cable adicional de continuidad de tierra para las corrientes de fallo. A continuación se muestra un esquema del tipo de conexión a utilizar.



1.5.3.- CARACTERÍSTICAS DE LA CANALIZACION.

Los conductores subterráneos van a discurrir en todo el recorrido por una nueva canalización, que debe responder a lo especificado en la norma de Endesa Distribución “Criterios de diseño de líneas subterráneas de alta tensión”.

Las líneas soterradas mediante la ejecución de zanjas siempre se instalarán bajo tubo, de forma que los cables vayan por el interior de tubos de polietileno de doble capa, los cuales quedarán siempre embebidos en un prisma de hormigón que sirve de protección a los tubos y provoca que éstos estén rodeados de un medio de propiedades de disipación térmica definidas y estables en el tiempo.

Las fases estarán dispuestas en triángulo.

El tubo de polietileno de doble capa (exterior corrugada e interior lisa) que se disponga para los cables de potencia tendrá un diámetro interior como mínimo 1.5 veces el diámetro del cable a tender, para que el cable pueda entrar sin dificultad y quepa también la mordaza que ha de sujetarlo para el arrastre, no tomándose tubos de diámetros exteriores inferiores a 160 mm. En general, se utilizará el tubo de 160 mm para sistemas de 45kV y 66kV y el de 200 mm para sistemas de 132 kV.

Se instalará un tubo liso de polietileno de alta densidad de 63 mm de diámetro para la colocación de los cables de comunicaciones de fibra óptica.

En las zonas donde se quiera instalar una puesta a tierra Single Point, se colocará otro tubo liso de polietileno de alta densidad de 63 mm de diámetro para la instalación del cable de cobre. En estos casos, como el cable de cobre debe cambiar su ubicación de un lado a otro de la línea a mitad de recorrido, los cables de fibra óptica también pasarán al otro lado en ese mismo punto, con lo que con dos tubos de 63 mm se instala tanto la fibra óptica como el cable de cobre para la puesta a tierra.

Estos cambios del cable de cobre y de la fibra óptica de un tubo al otro se realizarán coincidiendo con una cámara de empalme.

La profundidad de la zanja a realizar para el soterramiento de la línea subterránea de alta tensión, salvo cruzamientos con otras canalizaciones que obliguen a variar la profundidad de la línea, se establece a partir de 1,25 metros.

La anchura de la zanja a realizar para el soterramiento de la línea subterránea de alta tensión será tal que los tubos de polietileno corrugado de doble capa, en donde se instalan los cables de potencia, tengan un recubrimiento lateral de hormigón de 10 cm, y de forma que en el caso de doble circuito se mantenga una distancia entre ternas de 60 cm

Cuando el tendido se haga por zonas sin urbanizar donde no se puedan tomar referencias fijas, EDE decidirá para cada caso concreto sobre la necesidad de efectuar la señalización exterior del trazado de cables subterráneos mediante la colocación de placas de señalización a lo largo del tendido, tomando como referencia la norma de EDE *KMH 001 "Ejecución de Obra civil para líneas subterráneas de Alta Tensión"*.

- Además de lo anterior, las canalizaciones en zanjas se ejecutarán de forma que:

Se colocará una solera de hormigón HM-20 de 5 cm de espesor para el asiento de los tubos.

Las tierras de relleno deberán alcanzar como mínimo un grado de compactación del 95% Proctor Modificado.

La cinta de señalización, referenciada en la norma ETU 205A, que servirá para advertir de la presencia de cables de alta tensión, se colocará a unos 20 cm por encima del prisma de hormigón que protege los tubos.

Se aconseja, además, la instalación de balizas para el marcado de la zanja y su posterior detección. Estas balizas ofrecen un método preciso, práctico y duradero para el marcado del trazado, pudiéndose programar para la inclusión de información específica, como los detalles de la instalación, el tipo de aplicación, tipo de material, fecha de colocación y otros detalles relevantes.

Las balizas han de operar incluso en presencia de conductos o tuberías de metal, otros conductores metálicos, alambradas, líneas de energía y balizas electrónicas de otros servicios y serán de color rojo (estándar APWA), lo que permitirá, además, cierta referencia visual de la tipología de elemento balizado (naranja – telefonía, azul – agua,...).

Se instalarán, como mínimo, balizas en los cambios de dirección, en los empalmes y cada 50 metros (a 50 m de la baliza anterior), a unos 0,7 m de profundidad (sobre el hormigón de protección, en el centro de la cara superior del prisma) y se programarán, al menos, con la siguiente información: Código de Baliza (existente por defecto), Nombre de Línea, Tensión y Tipo de ubicación (en traza, cambio dirección, empalme).

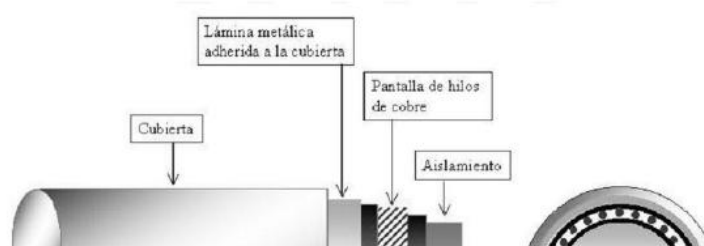
1.5.4.- ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE LA LINEA SUBTERRANEA

1.5.4.1 Cable aislado de potencia

La línea de 132 kV está constituida por dos ternas de cables dispuestos en triángulo.

El cable está constituido por los siguientes elementos::

- Conductor: Conductor de aluminio clase 2 de 1.200 mm² de sección. El conductor será de sección circular compacta con obturación longitudinal y de acuerdo con UNE 21022.
- Semiconductor interior: Formado por una cinta semiconductora opcional de empaquetamiento sobre el conductor para evitar la penetración en el interior de la cuerda del compuesto extruido. Sobre esta cinta, capa de compuesto semiconductor. Esta capa sirve para uniformizar el campo eléctrico a nivel de conductor y para asegurar que el conductor presenta una superficie lisa al aislamiento.
- Aislamiento: Compuesto de XLPE reticulado en atmósfera de N₂. El compuesto está sometido a un riguroso control de ausencia de contaminaciones. La mayor ventaja del XLPE sobre otros compuestos es que el cable aislado con XLPE puede trabajar a más altas temperaturas (90°C para el XLPE versus por ejemplo a 70°C para el PE), y este hecho tiene un efecto muy importante sobre la intensidad admisible que el cable puede transportar.
- Semiconductor exterior: Capa de compuesto semiconductor extruido sobre el aislamiento y adherido al mismo para evitar la formación de una capa de aire ionizable entre la pantalla y la superficie de aislamiento. Esta capa sirve para asegurar que el campo eléctrico queda confinado en el aislamiento.
- Proceso de extrusión: La extrusión se debe realizar sobre un cabezal triple, donde se aplican las 3 capas extruidas (semiconductor interior, aislamiento y semiconductor exterior) en el mismo momento. Esto garantiza interfases lisas entre el aislamiento y las pantallas semiconductoras que es esencial en cables de AT. La reticulación se realiza en seco en atmósfera de gas inerte (N₂) para evitar el contacto con el agua durante la fabricación.
- Material obturante: Incorporación de material absorbente de la humedad para evitar la propagación longitudinal de agua entre los alambres de la pantalla.
- Pantalla metálica: Pantalla de alambres de cobre de 120 mm² de sección.
- Contraespira: Cinta metálica cuya función es la conexión equipotencial de los alambres.
- Cubierta exterior: Cubierta exterior de poliolefina (PE) tipo ST 7 con lámina de aluminio longitudinalmente solapada y adherida a su cara interna para garantizar la estanqueidad radial. La cubierta será de color negro y estará grafitada, para poder realizar el ensayo de tensión sobre la cubierta del cable.



CARACTERÍSTICAS, COMPOSICIÓN Y DIMENSIONES DEL CABLE

Características nominales

- Tensión nominal (kV): 132
- Tensión de ensayo a frecuencia industrial durante 30 minutos entre conductor y pantalla (kV): 145
- Tensión soportada a los impulsos (kV): 650 (valor de cresta)
- Temperatura nominal máxima del conductor en servicio normal (°C): 90
- Temperatura nominal máxima del conductor en condiciones de cortocircuito (°C): 250

Composición:

- Sección del conductor (mm²): 1.200
- Material del conductor: Aluminio
- Material del aislamiento: XLPE
- Tipo de pantalla: hilos de cobre
- Material de la pantalla: cobre
- Sección de la pantalla (mm²): 120
- Material de cubierta: Poliolefina

Dimensiones:

- Diámetro del conductor (mm): 44,5
- Diámetro del conductor incluida la pantalla semiconductora (mm): 47,5
- Espesor de aislamiento(mm): 16
- Diámetro sobre aislamiento(mm): 79,5
- Diámetro sobre pantalla(mm): 85,1
- Espesor de la cubierta(mm): 3,8
- Diámetro exterior nominal(mm): 93,7
- Radio mínimo de curvatura durante el tendido(mm): 1.874
- Radio mínimo de curvatura en posición final(mm): 1.406
- Peso aproximado del cable (Kg/m): 9,7
- Esfuerzo máximo a la tracción (daN): 3.600

Características eléctricas del conductor

- Resistencia del conductor en c.c. a 20°C (ohm/km): 0,0247
- Resistencia de la pantalla en c.c. a 20°C (ohm/km): 0,1437
- Capacidad nominal del cable ($\mu\text{F}/\text{km}$): 0,2697
- Gradiente de potencial máximo (kV/mm): 6,2
- Gradiente de potencial mínimo (kV/mm): 3,7

Características nominales

- Tensión nominal U_0/U (kV): 76/132
- Tensión de ensayo a frecuencia industrial durante 30 minutos entre conductor y pantalla (kV): 145
- Tensión soportada a los impulsos (kV): 650 (valor de cresta)
- Temperatura nominal máxima del conductor en servicio normal (°C): 90
- Temperatura nominal máxima del conductor en condiciones de cortocircuito (°C): 250

Características en régimen permanente

Las características eléctricas de la línea, obtenidas a partir de la disposición física de la línea subterránea y de los datos de partida (temperatura de conductor, temperatura de pantalla, temperatura del terreno, resistividad del terreno, etc.) mostrados en el apartado de cálculos eléctricos adjunto en el documento de anexos, son las que se indican a continuación:

- Constante de efecto skin: $8,2 \text{ E-}8$ (conductor) y $2,61 \text{ E-}9$ (pantalla)
- Constante de efecto de proximidad: $1,78 \text{ E-}8$ (conductor) y $2,09 \text{ E-}9$ (pantalla)
- Tangente delta: 0,001
- Factor de pérdidas en la pantalla: $7 \text{ E-}4$
- Resistencia del conductor en c.a. a temperatura de servicio (ohm/ Km): 0,0312
- Resistencia de la pantalla en c.a. a temperatura de servicio (ohm/ Km): 0,1776
- Pérdidas en el dieléctrico (W/m): $4,89 \text{ E-}7$
- Resistencias térmicas:
 - T1 (K·m/W): 0,344
 - T2 (K·m/W): 0
 - T3 (K·m/W): 0,048
 - T4 (K·m/W): 1,028
- Inductancia del circuito (mH/Km): 0,0003095

- Reactancia del circuito (ohm/Km): 0,09724

Según la tabla 21 del manual KDZ 001, los valores de intensidad máxima admisible en régimen permanente son:

Intensidad máxima admisible (A): 952

Potencia máxima admisible (MVA): 218

Características de la instalación en régimen de cortocircuito

Las características, obtenidas a partir del cálculo adjunto en el documento de anexos, son las siguientes:

- Temperatura inicial del conductor en el c.c. (°C): 90
- Temperatura final del conductor en el c.c. (°C): 250
- Duración del cortocircuito en el conductor (s): 0,5
- Intensidad máxima de cortocircuito en el conductor (kA): 160
- Temperatura inicial de la pantalla en el c.c. (°C): 70
- Temperatura final de la pantalla en el c.c. (°C): 210
- Duración del cortocircuito en la pantalla (s): 0,5
- Intensidad máxima de cortocircuito en la pantalla (kA): 22,7

1.5.4.2 Conductor acompañamiento de tierras

En el tramo subterráneo, para realizar la conexión de pantallas de tipo Single-Pointllevará un cable de continuidad de tierras de 120 mm² de cobre.

1.5.4.3 Terminales

Los terminales de exterior serán de composite y para la tensión nominal que se requiera. Estos terminales tienen el aislador de composite cementada a una base metálica de fundición que a su vez está soportada por una placa metálica. Esta placa está montada sobre aisladores de pedestal los cuales se apoyan en la estructura metálica (torre, pórtico...). En el extremo superior, el arranque del conector está protegido por una pantalla contra las descargas parciales.

Se emplea un cono deflector elástico preformado para el control del campo en la terminación del cable, que queda instalado dentro del aislador. El aislador se rellena de aceite de silicona, que no requiere un control de la presión del mismo.

Este tipo de terminal permite aislar la pantalla del soporte metálico, lo cual es necesario para las conexiones especiales de pantallas flotantes en un extremo. Así mismo se pueden realizar ensayos de tensión de la cubierta para mantenimiento.

La conexión de los conductores a su conector se hace por manguitos de conexión a presión. La conexión está diseñada para resistir los esfuerzos térmicos y electromecánicos durante su funcionamiento normal y en cortocircuito.

La pantalla se conecta a la base metálica, de donde se deriva la conexión a tierra.

La línea de fuga exigida para el terminal de exterior (medida en kV de tensión más elevada por milímetro) será el indicado en la Tabla 1.

Tabla 1: Nivel de contaminación exigida al terminal de exterior

Nivel de contaminación	mm/kV
Zonas de muy alta contaminación salina	35,0

Que para una tensión de 132 kV resulta ser de 4.620 mm.

1.5.4.4 Cajas de conexión

Es una caja de conexión con tapa practicable de chapa de acero inoxidable para fijación sobre torre o pórtico a la intemperie. Esta envolvente proporciona un grado de protección IP54 s/ EN 60529. Dispone de dos prensaestopas; uno para la entrada del cable unipolar conectado a la pantalla del cable de alta en el terminal en su cara superior y el segundo para el cable conectado a la toma de tierra del sistema en su base.

El terminal engastado en el conductor del cable de pantalla está soportado mediante un aislador. Ello permite disponer de pantalla aislada para la realización de ensayos o bien mediante una pletina efectuar el puente para conectar directamente la pantalla a tierra.

La apertura y cierre de la tapa requiere el uso de llave para evitar la apertura indebida de la misma.

1.5.4.5 Autoválvulas-pararrayos

Con objeto de proteger los cables contra las sobretensiones provocadas por descargas atmosféricas se instalará una autoválvula o pararrayos en cada uno de los extremos de los cables unipolares.

La autoválvula será de óxido de zinc como elemento activo y con contador de descargas.

Las características exigidas serán las siguientes:

Tensión nominal:

Tensión nominal (kV)	Tensión más elevada (kV)	Máxima sobretensión temporal (kV)	
		1 s	10 s
132	145	153	145

Corriente de descarga nominal: 10 kA.

Línea de fuga: igual a la exigida para los terminales.

El aislador de la autoválvula será polimérico o de porcelana.

La puesta a tierra de las autoválvulas se realizará conectando directamente al propio apoyo de entronque aéreo-subterráneo.

Las autoválvulas serán conformes a la norma SNE015 de Endesa Distribución. En el documento de anexos se adjunta ficha técnica con los detalles de las autoválvulas.

1.5.5.- APOYOS CONVERSIONES AEREO-SUBTERRANEA

1.5.5.1 Características de los apoyos

Los apoyos serán metálicos de celosía, formados por perfiles angulares normalizados con acero EN 10025 S 275 para las diagonales y EN 10025 S 355 para los montantes, siendo su anchura mínima 45 mm y su espesor mínimo de 4 mm.

Los tornillos empleados serán de calidad 5.6. La composición de la materia prima, la designación y las propiedades mecánicas cumplen la norma DIN-267, hoja 3. Las dimensiones de los tornillos y las longitudes de apriete se ajustan a las indicadas en la norma DIN-7990, con la correspondiente arandela de 8 mm, según norma DIN-7989 y tuercas hexagonales.

Para determinar el número y diámetro de los tornillos a emplear en cada unión se usarán las fórmulas adecuadas a la sollicitación a que estén sometidas las barras. También se usarán uniones soldadas.

PROTECCIÓN DE SUPERFICIES DE LOS APOYOS

Todos los apoyos tendrán protección por galvanizado en caliente. El galvanizado por inmersión en caliente se hará de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 1461:1999.

La superficie presentará una galvanización lisa adherente, uniforme, sin discontinuidad y sin manchas.

DIMENSIONES DE LOS APOYOS

Los nuevos apoyos a instalar serán del tipo fin de línea de paso a subterráneo, doble circuito y seguridad reforzada, adecuadamente dimensionado para la tensión del conductor y del cable de tierra. En función de las necesidades de cada ubicación y de las condiciones de utilización previstas se colocarán los siguientes apoyos:

• Función del apoyo	Nº de apoyo (según plano)	Tipo de apoyo
Fin de línea D/C.	1	CEFIRO-210-20-DH30a
Fin de línea D/C.	2	CEFIRO-210-16-DH30a

Estos apoyos, relacionados en planos adjuntos, estará dotado de los herrajes necesarios para el anclaje de los terminales, autoválvulas, bajadas de cable, y demás accesorios necesarios.

La distancia entre fases viene dada por la distancia a mantener de los conductores entre sí, de acuerdo al apartado 5.4.1 de la ITC.LAT-07 del reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en las líneas eléctricas de alta tensión, en los vanos de la línea aérea. Esta distancia entre fases se ha dimensionado a 5 metros, distancia suficiente para el montaje de las botellas terminales.

La altura elegida de los apoyos viene dada por la distancia mínima reglamentaria a mantener al terreno y demás obstáculos por los conductores de la línea aérea.

1.5.5.2 Conductores del tramo aéreo

La línea aérea 132 KV. D/C “RINCONADA-SANTIPONCE” –“SAN JOSE SANTIPONCE” está dotada de un conductor de aluminio-acero, del tipo Al.Ac 280 que se mantiene en la modificación proyectada y cuyas características son las siguientes:

- Denominación LA-280
- Código UNE 242-AL1/39-ST1A
- Sección 281,1 mm²
- Diámetro 21,8 mm
- Composición (nº alambres x diámetro) Al 26x3,44/Acero 7x2,68
- Carga rotura 8.450 daN
- Resistencia a 20°C 0,1194 Ω/Km
- Peso 977 Kg/Km
- Módulo elasticidad 7.500 daN/mm²

- Coeficiente dilatación 18,9x10⁻⁶ °C⁻¹

CABLE DE TIERRA DEL TRAMO AÉREO

Para protección frente a las descargas atmosféricas y para comunicaciones la línea aérea estará dotada de un cable compuesto tierra-fibra óptica, del tipo OPGW. Para que la protección contra las descargas atmosféricas sea eficaz se dispondrá la estructura de la cabeza de las torres a instalar de forma que el ángulo que forma la vertical que pasa por el punto de fijación del cable de tierra, con la línea determinada por este punto y el conductor no exceda de 35°.

Todas las características de este cable de tierra deberán responder a lo especificado en la Norma de Endesa Distribución GE NNJ001. Las características principales son las siguientes:

- Denominación OPGW
- Nº de fibras 48
- Sección 78,9 mm²
- Diámetro 13,4 mm
- Carga rotura 5.500 daN
- Peso 650 Kg/Km
- Módulo elasticidad 11.640 daN/mm²
- Coeficiente dilatación 17,6°C⁻¹
- Resistencia eléctrica a 20°C 0,1194 Ω/Km
- Cortocircuito en 0,3 s 17 kA

1.5.5.3 Cadena de aislamiento

El aislamiento estará dimensionado mecánicamente para el conductor LA-280, garantizando un coeficiente de seguridad a rotura superior a 3, y eléctricamente para 132 kV. Éste constará de cadenas sencillas de aisladores de composite. Las características son las siguientes:

- Denominación CS 100 SB 650/3.625 – 1.380
- Material Composite
- Carga de rotura electromecánica y mecánica 100 kN
- Longitud del aislador 1.380 mm
- Nivel de aislamiento Fuerte
- Diámetro nominal máximo de la parte aislante 200 mm

- Norma de acoplamiento 16 A

La normativa aplicable para la fabricación de estos aisladores será:

- Norma GE LNE002 de EDE – Aisladores compuestos para líneas aéreas de A.T.
- de tensión nominal superior a 30 kV.
- UNE 21.909.- Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.
- UNE-EN 61.466.- Clases mecánicas y acoplamientos de extremos normalizados.
- UNE-EN 61.109.- Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.

Las características eléctricas del aislador son las siguientes, según CEI 61109:

- Tensión mantenida a frecuencia industrial bajo lluvia 275 kV
- Tensión mantenida a impulso tipo rayo 1,2/50micros 650 kV
- Longitud línea de fuga 3.625 mm
- Línea de fuga específica 25 mm/kV

Con estos aisladores se garantizan los niveles de aislamiento determinados por el R.L.A.T.

Herrajes para el conductor

Se engloban bajo esta denominación todos los elementos necesarios para la fijación de los aisladores a los apoyos y a los conductores, los de protección eléctrica de los aisladores y los accesorios del conductor como antivibradores, separadores, manguitos.

Se elegirán su comportamiento frente al efecto corona y serán fundamentalmente de acero forjado, protegido de la oxidación mediante galvanizado a fuego. Deberán tener un coeficiente de seguridad mecánica no inferior a 3 respecto a su carga mínima de rotura.

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

Cumplirán las normas siguientes:

- Norma GE LNE005 de EDE – Herrajes y accesorios para líneas aéreas de A.T. detensión nominal superior a 30 kV.
- Norma GE LNE006 de EDE – Cadenas de herrajes para líneas aéreas de A.T. detensión nominal superior a 30 kV.

- UNE-EN 61.28 – Requisitos y ensayos para herrajes de líneas eléctricas aéreas • UNE 207009 – Herrajes y elementos de

fijación y empalme para líneas eléctricas aéreas de alta tensión.

Su composición, sus cargas de rotura y esfuerzos máximos a los que pueden ser sometidos serán los indicados en la norma GE LNE006 de EDE.

Denominación cadena	Tipo de conductor	Cadena normalizada	Carga de rotura mínima (daN)	Carga de rotura mínima de grapa (daN)
Cadena de amarre sencilla conductor sencillo atomillada	LA-280	ASTX280	12.000	8.800

La composición de la cadena es la siguiente

Denominación de la cadena	Elementos		
	Cantidad	Denominación	Referencia
ASTX280	1	Grillete normal	GNT16
	1	Anilla bola	AB16
	1	Rótula protección sección cuadrada	RLPC16
	1	Grapa amarre atomillada	GAT4

Herrajes para el cable de tierra

Se instalarán los siguientes conjuntos de amarre:

Denominación cadena	Tipo de cable	Cadena normalizada	Carga de rotura mínima de grapa (dan)
Amarre retención con alargadera	OPGW	AROPGA	7.100

La composición es la siguiente:

Denominación de la cadena	Elementos		
	Cantidad	Denominación	Referencia
AROPGA	2	Grillete normal	GNT16
	1	Tirante	TA-1/L
	1	Guardacabos	G-16
	1	Varillas protección	VPOPGW
	1	Retención de amarre	RAOPG
	1	Conexión sencilla	GCSOPGW

1.5.5.4 Antivibradores

Sirven para proteger los cables de los efectos perjudiciales y roturas prematuras por fatiga de sus alambres, que pueden producir los fenómenos de vibración eólica a causa de vientos de componente transversal a la línea y velocidades comprendidas entre 1 y 10 m/s, con la consiguiente pérdida de conductividad y resistencia mecánica.

En general, según recomienda el apdo. 3.2.2 de la ITC-LAT 07, la tracción a 15°C no debe superar el 22% de la carga de rotura, si se realiza el estudio de amortiguamiento y se instalan dichos dispositivos, o que bien no supere el 15% de la carga de rotura si no se instalan.

El tipo y número de amortiguadores a colocar, así como su posición, es función del tipo de conductor y sus condiciones de tendido. Como regla general, según la norma LDZ001, a contrastar en caso de vanos especiales, se instalarán los siguientes amortiguadores:

- Conductor LA-280
- Tipo de amortiguador AMG 2
- Cantidad para vano \leq 450 m uno por vano
- Cantidad para vano $>$ 450 m dos por vano
- Distancia de colocación 1,05 m

1.5.5.5 Placas de señalización

En todos los apoyos se instalará una placa de señalización de riesgo eléctrico, donde se indicará la tensión de la línea (kV), el titular de la instalación y el número del apoyo.

La placa se instalará a una altura de 3 m en la cara paralela o más cercana a los caminos o carreteras para que pueda ser vista fácilmente.

1.5.5.6 Cimentaciones para los apoyos

Las cimentaciones de los apoyos serán de hormigón en masa de calidad HM-20 y deberán cumplir lo especificado en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE 98.

Se proyectan las cimentaciones de los distintos apoyos de acuerdo con la naturaleza del terreno.

Sobre la cimentación se hará la correspondiente peana, con un vierteaguas de 5 cm de altura.

Las diversas cimentaciones están indicadas en planos adjuntos.

1.5.5.7 Cerramiento alrededor de los apoyos de paso a subterráneo

Alrededor de los apoyos de paso a subterráneo se construirá un cerramiento con valla metálica o de obra de fábrica, que servirá para dar protección a la parte inferior del apoyo e impedir el acceso

de personal no autorizado. Los cables se protegerán, en su parte más próxima al suelo, mediante una canaleta metálica de 3 metros de altura que se empotrará 50 cm en el terreno.

El cerramiento, de altura mínima 3 metros, llevará un remate de cuatro hileras de alambre de espinos, y contará con una puerta de acceso metálica.

1.5.5.8 Tomas de tierra de los apoyos

En todos los apoyos la resistencia de difusión de la puesta a tierra será inferior a 20Ω y las tomas serán realizadas teniendo presente lo que al respecto se especifica en el apartado 7.3 del reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en las líneas eléctricas de alta tensión. Para tal fin la puesta a tierra se materializará mediante picas de tierra.

Se dispondrán tantas picas conectadas al apoyo como sean necesarias para obtener valores inferiores a 20Ω . El extremo superior de la pica quedará, como mínimo, a 0,8 metros por debajo de la superficie del terreno. A esta profundidad irán también los cables de conexión entre las picas y el apoyo.

Dadas las características del terreno, los apoyos llevarán, como mínimo, 2 picas.

En los casos en que el apoyo se encuentre en una zona de pública concurrencia, la puesta a tierra se realizará en anillo cerrado que tendrá cuatro conexiones al apoyo, una por montante. Dicho anillo irá enterrado alrededor de la cimentación del apoyo manteniendo una distancia de un metro a la misma.

1.5.5.9 Condiciones técnico-ambientales

En cumplimiento del Artículo 7 del Decreto 178/2006, se aporta la información relativa a la adecuación de la instalación que nos ocupa a las condiciones técnico-ambientales establecidas en la citada norma.

Medidas antielectrocución:

El aislamiento a instalar en los nuevos apoyos estará constituido por una cadena de composite. Las características principales, mecánicas y eléctricas se describen en el documento de anexos. Teniendo en cuenta las dimensiones tanto de los aisladores como de los herrajes que forman la cadena, se obtiene que la longitud total de la misma, será de 1,80 m. Esta distancia es superior a 1 metro, que es la distancia mínima de seguridad entre la zona de posada y el elemento en tensión que marca el Artículo 4 del Decreto 178/2006.

En cuanto a los apoyos a instalar, sus características técnicas y dimensiones del armado se describen en el documento de anexos. En ambos casos las cadenas de amarre se instalarán en posición horizontal.

En el caso de los apoyos fin de línea, el puente flojo sube hasta el pararrayos y de éste pasa a la botella terminal, por lo que la distancia entre la cruceta superior y el conductor inferior del mismo lado, teniendo en cuenta que la longitud total del terminal es de 1,80 m y que la distancia entre fases es de 5 m, será superior a los 3 metros, cumpliéndose lo establecido en el Artículo 4 del Decreto 178/2006.

Medidas anticolisión:

Las medidas anticolisión establecidas en el Decreto 178/2006 serán de aplicación en las instalaciones aéreas de alta tensión, existentes o de nueva construcción, que discurran por las zonas de especial protección para las aves, calificadas por su importancia para la avutarda y el sisón, y a aquellas que discurran, dentro de un radio de dos kilómetros, alrededor de las líneas de máxima crecida de los humedales incluidos en el Inventario de Humedales de Andalucía.

Hasta tanto se declaren las zonas especiales de conservación, las medidas establecidas en el citado decreto serán de aplicación en las zonas designadas como lugares de interés comunitario.

Las instalaciones eléctricas a las que se refiere el citado Decreto, estarán dotadas de salvapájaros o señalizadores visuales en los cables de tierra aéreos o en los conductores, si aquellos no existen. En ausencia del cable de tierra aéreo se colocarán los salvapájaros en uno de los cables superiores. 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, los conductores.

La zona donde se va a llevar a cabo la modificación de la línea objeto del presente proyecto, no se encuentra en zona de especial protección ni en las proximidades de humedales por lo que no sería necesario adoptar las medidas anticolisión que se indican en el decreto mencionado anteriormente.

2.- MEMORIA DE CÁLCULO

2.1.- CALCULOS MECANICOS

2.1.1.- CÁLCULOS MECÁNICOS CONDUCTOR.

El tendido de los conductores se realizará utilizando las tablas de tensiones y flechas que aparecen al final de este apartado.

Estas tablas han sido obtenidas de forma que la componente horizontal de la tensión en los conductores no sobrepase en ningún caso su carga de rotura dividida por un coeficiente de seguridad igual a 3,00.

Cada tabla corresponde a un vano de regulación, es decir, a los tramos comprendidos entre apoyos de anclaje con apoyos de alineación intermedios.

La longitud de un vano de regulación se obtiene a partir de la longitud de cada vano intermedio y viene dada por la ecuación:

$$a_r = \sqrt{\frac{\sum a^3}{\sum a}}$$

Siendo:

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

a : Longitud proyectada de cada vano intermedio (m).

En la cabecera de cada tabla aparece el tipo de conductor, la longitud y la componente horizontal de la tensión que se ha adoptado para el vano de regulación.

También se muestran las condiciones iniciales de temperatura y sobrecarga para las que se alcanza la tensión horizontal adoptada.

Para obtener la tensión del conductor en otras condiciones de equilibrio diferentes (temperatura y sobrecarga), se ha empleado la "ecuación del cambio de condiciones" basada en la ecuación de la parábola, que tiene la forma:

$$T^2 \cdot (T + A) = B$$

donde:

$$A = \alpha \cdot (\theta - \theta_o) \cdot S \cdot E - T_o + \frac{a^2 \cdot p_o^2}{24 T_o^2} \cdot S \cdot E$$

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

Siendo:

- a: Longitud proyectada del vano de regulación (m).
- T_o : Tensión horizontal en las condiciones iniciales (daN).
- θ_o : Temperatura en las condiciones iniciales (°C).
- p_o : Sobrecarga en las condiciones iniciales (daN/m).
- T: Tensión horizontal en las condiciones finales (daN).
- θ : Temperatura en las condiciones finales (°C).
- p: Sobrecarga en las condiciones finales (daN/m).
- S: Sección del neutro fiador (mm²).
- E: Módulo de elasticidad del neutro fiador (daN/mm²).
- α : Coeficiente de dilatación lineal del neutro fiador (m/°C).

TRACCIÓN MÁXIMA ADMISIBLE. CONDICIONES INICIALES

Para la determinación de las condiciones iniciales de temperatura θ_o , peso con sobrecarga p_o , y tracción horizontal del conductor T_o , se han aplicado las hipótesis que se detallan a continuación y se ha escogido la que produce tensiones más desfavorables en cada vano de regulación.

Hipótesis REGLAMENTARIA

Las condiciones de temperatura y sobrecarga aplicadas en esta hipótesis son las que se describen en la ITC-LAT 07, que dependen de la zona por donde se va a tender la línea:

ZONA A(entre 0 y 500 m. de altitud): Peso propio más sobrecarga de viento.

ZONA B(entre 500 y1000 m. de altitud): Peso propio más sobrecarga de hielo de $0,18x\sqrt{d}$ daN/m a la temperatura de -15°C .

ZONA C(a partir de 1000 m. de altitud): Peso propio más sobrecarga de hielo de $0,36x\sqrt{d}$ daN/m a la temperatura de -20°C .

Siendo d el diámetro del conductor en milímetros.

En nuestro caso consideramos para los cálculos que la línea se encuentra situada en zona B.

Hipótesis FENÓMENOS VIBRATORIOS (E.D.S.)

El E.D.S. (Every Day Stress) es la tensión a una temperatura de 15,0 °C, sin sobrecargas y dada en tanto por ciento respecto de la carga de rotura. Se considera que el valor límite del E.D.S. para que no se produzcan efectos vibratorios (tense al límite estático-dinámico) es del 15,0%.

Hipótesis ESPECIAL (HIELO+VIENTO)

Peso propio del conductor, sobrecarga de hielo a temperatura según zona, más sobrecarga de viento aplicada al conductor más el manguito de hielo.

2.1.2.- FLECHAS MÁXIMAS

Las flechas que se alcanzan en cada vano para la tensión correspondiente a las condiciones de equilibrio se han calculado utilizando la ecuación de Truxá:

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

Siendo:

p: Peso del conductor por metro lineal en las condiciones consideradas (daN/m).

a: Longitud proyectada del vano (m).

b: Longitud real del vano (m).

$$b = \sqrt{a^2 + h^2}$$

h: Desnivel (m).

T: Componente horizontal de la tensión (daN).

El tendido de la línea se ha realizado utilizando la curva catenaria correspondiente a las condiciones de flecha máxima y manteniendo una distancia al terreno mínima de 8,00 m.

La flecha máxima de los conductores se determina mediante las hipótesis siguientes:

a) Hipótesis de temperatura: sometidos a la acción de su peso propio y a la temperatura máxima previsible, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y las de servicio de la línea. Esta temperatura no será inferior a 50°C.

b) Hipótesis de hielo: sometidos a la acción de su peso propio y a la sobrecarga de hielo correspondiente a la zona, a la temperatura de 0°C

FLECHAS Y TENSIONES

LA 280 (242-AL1/39-ST1A) {1}

Zona A

Tense Máximo a $-5^{\circ} + V$ 2580 daN
 E.D.S. a $15^{\circ} 21\%$ (1775,76daN)

Zona C

Tense Hielo a $-20^{\circ} + H$ 3139,2 daN
 E.D.S a $10^{\circ} 22\%$ (1860,32daN)

Sección

281,1 mm²

Peso

0,977 Kg/m

Carga de Rotura

8456 Kg

Coef. Dilatación

1,89E-05 1/°C

Módulo Elasticidad

7553 Kg/mm²

Diámetro aparente

21,8 mm

Viento sobre conductor

1,09 Kg/m

Zona B

Tense Máximo a $-15^{\circ} + H$ 2943 daN
 E.D.S. a $10^{\circ} 23\%$ (1944,88daN)

Zona USUARIO

limite 1 a $-30^{\circ} + H$ 3139,2 daN

VANO APOYO 1

Tenses en daN. Flechas en metros. Vanos en metros. Cs es la relación entre la carga de rotura del cable y su tracción máxima.

A. Ini. A. Fin.	Vano	Vano Regul.	T F	CONDICIONES EN ZONA A											Cs	
				50°	40°	35°	30°	25°	15°	15°+V	10°	0°	-5°	-5°+½ V		-5°+V
EX 1	180	180	T	1224	1338	1404	1476	1556	20,58%	2162	1845	2081	2211	2320	2580	3,27
			F	3,17	2,9	2,77	2,63	2,49	2,23	2,72	2,1	1,87	1,76	1,92	2,28	

VANO APOYO 2

Tenses en daN. Flechas en metros. Vanos en metros. Cs es la relación entre la carga de rotura del cable y su tracción máxima.

A. Ini. A. Fin.	Vano	Vano Regul.	T F	CONDICIONES EN ZONA A											Cs	
				50°	40°	35°	30°	25°	15°	15°+V	10°	0°	-5°	-5°+½ V		-5°+V
EX 2	260	260	T	1377	1460	1506	1555	1608	20,42%	2289	1793	1943	2026	2196	2580	3,27
			F	5,89	5,55	5,38	5,21	5,04	4,69	5,36	4,52	4,17	4	4,24	4,76	

2.1.3.- DISTANCIAS DE SEGURIDAD

- **AL TERRENO**

De acuerdo con el punto 5 de la ITC-LAT 07, la distancia de los conductores al terreno deberá ser superior a:

$5,3 + D_{el}$, en metros, con un mínimo de 6 metros.

El valor de Los valores de D_{el} , según la tabla 15, en función de la tensión más elevada de la línea, será de 1,20.

Por tanto $5,3 + 1,20 = 6,50$. Se adoptaría el mínimo reglamentario de 6 m, si bien el cálculo se ha desarrollado con una distancia al terreno mínima de 10 m.

- **ENTRE CONDUCTORES**

La distancia mínima de los conductores entre sí, y entre ellos y sus partes en tensión y masa, se obtienen mediante las expresiones contenidas en el punto 5.4.1 de la ITC-LAT 07, es decir:

Separación mínima entre conductores:

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

Siendo:

D : Distancia entre conductores.

K : Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento (tabla 16).

F : Flecha máxima (m).

L : Longitud en metros de la cadena de suspensión. En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de anclaje $L = 0$.

K' : Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea (0,85 para categoría especial y 0,75 para el resto)

Dado el conductor empleado y la categoría de la línea, según la tabla 16, se obtiene un valor para K de 0,60. De esta forma se ha escogido las crucetas para superar ampliamente la separación mínima entre conductores para cada vano.

- **ENTRE CONDUCTORES Y PARTES PUESTAS A TIERRA**

Según el punto 5.4.2 de la ITC-LAT 07, la separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos, no será inferior a D_{el} , con un mínimo de 0,20 m.

En el presente caso $D_{el} = 0,70$ m.

- **DESVIACIÓN DE LAS CADENAS DE AISLADORES**

Se calcula el ángulo de desviación de la cadena de aisladores en apoyos de alineación según la ecuación:

$$tg\gamma = \frac{\frac{k_v}{2} \cdot d \cdot \left(\frac{a_1 + a_2}{2}\right) + \frac{E_c}{2}}{p \cdot \left(\frac{a_1 + a_2}{2}\right) + T_{-5^\circ C + v/2} \cdot \left(\frac{h_1}{a_1} - \frac{h_2}{a_2}\right) + \frac{P_c}{2}}$$

Siendo:

γ : Ángulo de desviación.

E_c : Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores.

P_c : Peso de cada cadena.

a_1 y a_2 : Longitud proyectada del vano anterior y posterior (m).

h_1 y h_2 : Desnivel de vano anterior y posterior (m). Se consideran positivos si el apoyo de la derecha está más alto que el de la izquierda.

$T_{-5^\circ C + v/2}$: Componente horizontal de la tensión a $-5^\circ C$ con sobrecarga 1/2 de viento.

De acuerdo con las características de los apoyos de alineación utilizados, se admite un valor máximo para el ángulo de desviación, ya que en tal caso se guarda la distancia mínima reglamentaria entre conductores o partes en tensión y masa.

2.1.4.- CALCULO DE APOYOS.

A continuación se exponen los criterios utilizados para el cálculo de los esfuerzos externos actuantes sobre los apoyos:

a) Esfuerzos del viento sobre conductores en dirección normal a la línea

$$n \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} \cdot d \cdot k_v \cdot \cos\left(\frac{180 - \alpha}{2}\right) \quad [1]$$

Siendo:

n : Número de conductores.

a_1 y a_2 : Longitud proyectada del vano anterior y posterior (m).

d : Diámetro del conductor (mm).

k_v : Presión del viento: 0,06 si $d \leq 16$ mm. ó 0,05 para $d > 16$ mm.

α : Ángulo interno formado por los dos tramos de la línea en el apoyo que se calcula (grados sexagesimales). En apoyos que no introduzcan cambios de dirección $\alpha = 180^\circ$.

b) Esfuerzos del viento sobre herrajes y aisladores en dirección normal a la línea

Se ha considerado un esfuerzo de 7,0 daN. por cada cadena de aisladores, en función de sus características y superficie expuesta al viento.

c) Resultante de ángulo

Hipótesis de viento:

$$n \cdot 2 \cdot T_{-5^\circ C+V} \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad [2]$$

Siendo:

n : Número de conductores.

α : Ángulo interno formado por los dos tramos de la línea en el apoyo que se calcula (grados sexagesimales).

$T_{-5^\circ C+V}$: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de temperatura igual a $-5^\circ C$ más sobrecarga de viento.

Hipótesis de hielo (sólo zonas B y C)

$$n \cdot 2 \cdot T_{HIP.ZONA} \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad [3]$$

Siendo:

$T_{HIP.ZONA}$: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de temperatura y sobrecarga correspondientes según la zona:

ZONA B: $-15^\circ C$ más una sobrecarga de hielo de $0,18x\sqrt{d}$ daN/m.

ZONA C: $-20^\circ C$ más sobrecarga de hielo de valor $0,36x\sqrt{d}$ daN/m.

Para la selección del esfuerzo en punta necesario en el apoyo habrá que comparar el esfuerzo obtenido de la ecuación número [3] con el resultante de sumar el obtenido de la ecuación número [2] y el esfuerzo de viento resultante de aplicar la ecuación [1]. El mayor de estos esfuerzos servirá para obtener el esfuerzo en punta que debe soportar el apoyo de ángulo.

d) Desequilibrio de tracciones

100% de la tracción del conductor para los apoyos de inicio y fin de línea.

50% del tiro de conductores en apoyos de anclaje. Los apoyos de Ángulo se han considerado anclajes ya que llevan cadenas de aisladores de tipo anclaje.

8% del tiro de conductores en apoyos de alineación con cadenas de suspensión.

e) Rotura de conductores

El esfuerzo de rotura de conductores se aplica a los apoyos de tipo anclaje, inicio y final de línea, y equivale a un esfuerzo igual a la componente horizontal de la tensión aplicada en el extremo de la cruceta.

f) Peso de conductores sobre las crucetas

$$P_{HIP.ZONA} \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} + T_{HIP.ZONA} \cdot \left(\frac{h_1}{a_1} - \frac{h_2}{a_2} \right) \quad [4]$$

Siendo:

a_1 y a_2 : Longitud proyectada del vano anterior y posterior (m).

h_1 y h_2 : Desnivel de vano anterior y posterior (m). Se consideran positivos si el apoyo de la derecha está más alto que el de la izquierda.

$p_{HIP.ZONA}$: Peso más sobrecarga correspondiente a la zona:

ZONA B: Sobrecarga de hielo de valor $0,06x\sqrt{d}$ daN/m

$T_{HIP.ZONA}$: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de temperatura y sobrecarga correspondientes según la zona:

ZONA B: 0°C más sobrecarga de hielo de valor $0,06x\sqrt{d}$ daN/m.

f) Peso de los aisladores sobre las crucetas

Se ha considerado un peso de 11,5 daN. por cada cadena de aisladores, en función del número de elementos y de las características de los herrajes.

- **OBSERVACIONES AL CÁLCULO DE APOYOS**

Hipótesis de rotura de conductores

Se tiene en cuenta que en la línea proyectada se dan las condiciones establecidas en el apartado 4.4.3. del Reglamento, por lo que se prescinde de la hipótesis de rotura de conductores (4ª hipótesis) en los apoyos de alineación y de ángulo.

Apoyos cuyas caras soportan esfuerzos desiguales

Para los apoyos que tienen diferentes resistencias según la cara que recibe el esfuerzo, como ocurre con los postes de hormigón vibrado y de chapa metálica, se distingue entre esfuerzos nominales principal y secundario, según se apliquen a la cara de mayor o de menor resistencia, respectivamente.

Se denomina posición Normal a aquella en la que el apoyo se sitúa de modo que el esfuerzo principal soporta las acciones transversales a la línea, y posición Invertida cuando el esfuerzo principal soporta las acciones longitudinales.

El coeficiente **RN** es la relación entre los esfuerzos nominales principal y secundario. El coeficiente **RU** es la relación entre el esfuerzo nominal útil y el secundario útil, es decir, ambos libres de viento. Los esfuerzos útiles se obtienen a partir de los esfuerzos nominales descontando el efecto del viento sobre la cara correspondiente, y reducido éste al punto de aplicación del esfuerzo nominal.

La selección de apoyos de este tipo se realiza de igual modo que para los postes de igual resistencia en ambas caras, aunque mayorando los esfuerzos sobre la cara de menor resistencia utilizando el coeficiente **RN** si no intervienen esfuerzos de viento, o el coeficiente **RU** en caso de incidir el viento sobre esta cara.

El ángulo α es el que forma la resultante de esfuerzos con la alineación anterior, es por tanto el ángulo con que debe situarse la dirección principal del apoyo para que trabaje de forma adecuada.

Esfuerzos según una dirección no principal

En el caso de esfuerzos que no están dirigidos en la dirección de uno de los ejes de simetría del apoyo, se calcula el denominado esfuerzo equivalente en la dirección de uno de dichos ejes, para

lo cual descomponemos el esfuerzo en otros dos coincidentes en su dirección con la de cada eje de simetría, y sumamos aritméticamente los dos esfuerzos perpendiculares.

Coeficientes de seguridad

La selección de los apoyos se realiza en base a catálogos de fabricantes, en los que los esfuerzos nominales que pueden soportar sus apoyos fabricados en serie ya llevan aplicados los coeficientes de seguridad del Reglamento de LAT. Estos coeficientes serán como mínimo los que se muestran en las tablas siguientes.

Para apoyos metálicos:

Tipo de apoyo	Hipótesis normales		Hipótesis anormales	
	1ª hipótesis	2ª hipótesis	3ª hipótesis	4ª hipótesis
Alineación	1,5 (1,45)	1,5 (1,45)	1,2 (1,15)	1,2 (1,15)
Ángulo	1,5 (1,45)	1,5 (1,45)	1,2 (1,15)	1,2 (1,15)
Anclaje	1,5 (1,45)	1,5 (1,45)	1,2 (1,15)	1,2 (1,15)
Fin de línea	1,5 (1,45)	1,5 (1,45)	-	1,2 (1,15)

Se podrán utilizar los coeficientes reducidos que aparecen entre paréntesis cuando la resistencia de los apoyos completos sea comprobada mediante ensayo en verdadera magnitud.

Apoyos de seguridad reforzada

Si el apoyo debe cumplir las condiciones de seguridad reforzada, que requieren un incremento del 25 por ciento en los coeficientes de seguridad, lo que se hace es multiplicar los esfuerzos actuantes por 1,25 y calcular el apoyo como si fuese de seguridad normal.

Esfuerzo Total

Hu- Altura útil del apoyo
 L- Esfuerzo longitudinal del cable
 T- Esfuerzo transversal del cable
 H- Esfuerzo horizontal del cable
 V- Esfuerzo vertical del cable
 d- Distancia entre fases
 FT- Esfuerzo horizontal total
 Cs- Coeficiente de seguridad
 α - Angulo desvío de la cadena
 Dm- distancia mínima a masa

La hipótesis 4^A refleja las cargas cuando hay rotura de esa fase. La 4^B las cargas cuando la fase no está rota.

Poste Hu(m)	Función Segurid. Zona	Angulo Comp. °Sex.	Hip	Cs	FASES 6 fases Simplex				HILO TIERRA 1 hilo tierra				d (m)	α (°) Dm(m)	TOTAL FT (daN)
					L (daN)	T (daN)	H (daN)	V (daN)	L (daN)	T (daN)	H (daN)	V (daN)			
E 20	FL Normal Zona A	-	1 ^a 2 ^a 3 ^a 4 ^A 4 ^B	1,5	2580	119	2699	94	1962	74	2036	50	2,12	-	18231
				1,5	---	---	---	---	---	---	---	---			
				1,2	---	---	---	---	---	---	---	---			
				1,2	0	0	0	0	0	0	0	0			
				1,2	2580	0	2580	94	1962	0	1962	50			1,39
1 20	FL Normal Zona A	-	1 ^a 2 ^a 3 ^a 4 ^A 4 ^B	1,5	2580	119	2699	108	1962	74	2036	61	2,12	-	18231
				1,5	---	---	---	---	---	---	---	---			
				1,2	---	---	---	---	---	---	---	---			
				1,2	0	0	0	0	0	0	0	0			
				1,2	2580	0	2580	108	1962	0	1962	61			1,39

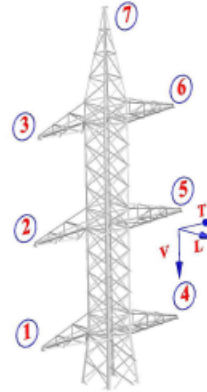
La hipótesis 4^A refleja las cargas cuando hay rotura de esa fase. La 4^B las cargas cuando la fase no está rota.

Poste Hu(m)	Función Segurid. Zona	Angulo Comp. °Sex.	Hip	Cs	FASES 6 fases Simplex				HILO TIERRA 1 hilo tierra				d (m)	α (°) Dm(m)	TOTAL FT (daN)
					L (daN)	T (daN)	H (daN)	V (daN)	L (daN)	T (daN)	H (daN)	V (daN)			
EX 15	FL Normal Zona A	-	1 ^a 2 ^a 3 ^a 4 ^A 4 ^B	1,5	2580	163	2743	126	1962	107	2069	70	2,56	-	18525
				1,5	---	---	---	---	---	---	---	---			
				1,2	---	---	---	---	---	---	---	---			
				1,2	0	0	0	0	0	0	0	0			
				1,2	2580	0	2580	126	1962	0	1962	70			1,39
2 16	FL Normal Zona A	-	1 ^a 2 ^a 3 ^a 4 ^A 4 ^B	1,5	2580	163	2743	153	1962	107	2069	91	2,56	-	18525
				1,5	---	---	---	---	---	---	---	---			
				1,2	---	---	---	---	---	---	---	---			
				1,2	0	0	0	0	0	0	0	0			
				1,2	2580	0	2580	153	1962	0	1962	91			1,39

CALCULO ESFUERZOS APOYOS

Apoyo 1

Altura Útil (m) : 20
 Seguridad : Normal
 Función : Fin de línea
 Armado : Doble circuito
 Vano anterior (m) : 180
 Vano posterior (m) : ---
 N : 0,0028
 D. Fases nec. (m) : 2,12
 D. Masa nec. (m) : 1,39
 Ángulo desvío cadena : 0
 Contrapeso (Kg) : 0



ESFUERZOS NECESARIOS (daN)

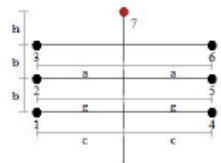
PUNTO	1º Hip. (Cs=1,5)			2º Hip. (Cs=1,5)			3º Hip. (Cs=1,2)			4º Hip. (Cs=1,2)						
	V	L	T	V	L	T	V	L	T	FASE ROTA			FASE NO ROTA			
1	108	-2580	119	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108	2580	0
2	108	-2580	119	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108	2580	0
3	108	-2580	119	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108	2580	0
4	108	-2580	119	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108	2580	0
5	108	-2580	119	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108	2580	0
6	108	-2580	119	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108	2580	0
7	61	-1962	74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61	1962	0

APOYO SELECCIONADO

Denominación : CEFIRO-210-20-DH30a

D. Fases Real (m) : 3
 D. Masa Real (m) : 1,5

	1º Hip.	2º Hip.	3º Hip.	Rot. Cond.	Rot. H.T.
Utilización	98,24%	0%	0%	70,87%	60,39%
Coefficiente seg.	1,53	---	---	1,69	1,98

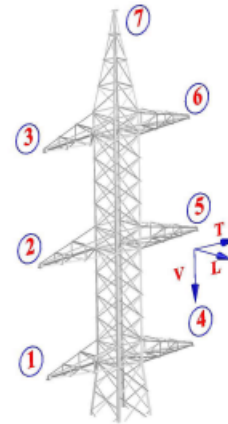


Terreno
 b (m) : 3
 a (m) : 2,1
 c (m) : 2,2
 g (m) : 2,1
 h (m) : 3
 α (°) : 30
 σ (kg / cm²) : 3
Totales
 Excavación (m³) : 38,15
 Ocupación (m³) : 34,22
 Peso apoyo (kg) : 5579,7

Fundaciones (TetraBloque)
 b : 0
 H : 3,3
 c : 4,15

Apoyo 2

Altura Útil (m) : 24
 Seguridad : Normal
 Función : Fin de línea
 Armado : Doble circuito
 Vano anterior (m) : 260
 Vano posterior (m) : ---
 N : -0,0023
 D. Fases nec. (m) : 2,56
 D. Masa nec. (m) : 1,39
 Ángulo desvío cadena : 0
 Contrapeso (Kg) : 0



ESFUERZOS NECESARIOS (daN)

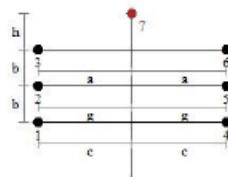
PUNTO	1º Hip. (C _s =1,5)			2º Hip. (C _s =1,5)			3º Hip. (C _s =1,2)			4º Hip. (C _s =1,2)					
	V	L	T	V	L	T	V	L	T	FASE ROTA			FASE NO ROTA		
1	134	-2580	163	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134	2580	0
2	134	-2580	163	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134	2580	0
3	134	-2580	163	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134	2580	0
4	134	-2580	163	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134	2580	0
5	134	-2580	163	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134	2580	0
6	134	-2580	163	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134	2580	0
7	76	-1962	107	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76	1962	0

APOYO SELECCIONADO

Denominación : CEFIRO-210-24-DH30a

D. Fases Real (m) : 3
 D. Masa Real (m) : 1,5

	1º Hip.	2º Hip.	3º Hip.	Rot. Cond.	Rot. H.T.
Utilización	99,76%	0%	0%	70,87%	60,39%
Coefficiente seg.	1,5	---	---	1,69	1,96



b (m) : 3
 a (m) : 2,1
 c (m) : 2,2
 g (m) : 2,1
 h (m) : 3

Terreno

α (°) : 30
 σ (kg / cm²) : 3

Fundaciones

(TerraBloque)
 b : 0
 H : 3,3
 c : 4,65

Totales

Excavación (m³) : 40,42
 Ocupación (m³) : 40,96
 Peso apoyo (kg) : 6542,55

2.1.5.- CALCULO DE CIMENTACIONES

Las dimensiones de los cimientos se han calculado de modo que se confía su estabilidad fundamentalmente a las reacciones horizontales del terreno (reacciones laterales de las paredes del cimiento), estableciendo como condición, según el punto 3.6 de la ITC-LAT 07 que el ángulo de giro de la cimentación tome un valor cuya tangente sea inferior a 0,01 para alcanzar el equilibrio entre las acciones que tienden a producir un vuelco y las reacciones del terreno.

Los momentos estabilizadores producidos por las reacciones del terreno sobre los cimientos se han calculado usando las ecuaciones de Sulzberger:

$$Me = 139 \cdot C_2 \cdot b \cdot h_c^4 + a^2 \cdot b \cdot (h_c + db) \cdot 2200 \left(0,5 - \frac{2}{3} \cdot \sqrt{11 \cdot \frac{h_c}{a} \cdot \frac{1}{10 \cdot C_2}} \right) \text{N} \cdot \text{m}$$

Se ha elegido un terreno de naturaleza Clasificación típica. Normal $C_2 = 10 \text{ daN/cm}^3$, siendo C_2 el coeficiente de compresibilidad del terreno a 2m de profundidad, para el que se ha elegido un valor de $10,00 \text{ daN/cm}^3$.

Para cimentaciones de profundidad superior a $h_c > 2$ metros se tomará C_2 constante y se aplicará la siguiente ecuación:

$$Me = 278 \cdot C_2 \cdot b \cdot h_c^3 + a^2 \cdot b \cdot (h_c + db) \cdot 2200 \left(0,5 - \frac{2}{3} \cdot \sqrt{11 \cdot \frac{h_c}{a} \cdot \frac{1}{10 \cdot C_2}} \right) \text{en daN} \cdot \text{m}$$

Siendo:

C_2 : Coeficiente de compresibilidad del terreno a la profundidad de 2 metros (daN/cm^3).

h_c : Profundidad de cimentación (m).

db : Espesor del cimiento de hormigón que sobresale del terreno (m).

a : Lado del cimiento paralelo al esfuerzo nominal (m).

b : Lado del cimiento perpendicular al esfuerzo nominal (m).

Los momentos de vuelco han de calcularse con respecto al eje de giro del cimiento, cuya situación se supone a los 2/3 de la altura h_c del cimiento.

Los momentos de vuelco debidos al viento sobre la propia estructura del apoyo se calculan de acuerdo con lo establecido en el Reglamento LAT. En el caso particular de apoyos de celosía, el cálculo del esfuerzo del viento requiere el conocimiento de la superficie real expuesta al viento, por lo que el valor de dicho esfuerzo del viento se ha tomado de los datos facilitados por el fabricante.

En apoyos de tipo tronco-piramidal el punto de aplicación del esfuerzo del viento se calcula por la ecuación

$$H = \frac{H}{3} \frac{d_b + 2 \cdot d_c}{d_b + d_c}$$

siendo H la altura libre total y d_b y d_c las anchuras en el empotramiento y en la cogolla, respectivamente.

El coeficiente de seguridad al vuelco será el cociente entre el momento estabilizador debido al cimientamiento y el momento de vuelco total, calculados en la forma que ha sido indicada. En las cimentaciones de apoyos se da la circunstancia de que el momento estabilizador es debido en su mayor parte a las reacciones horizontales del terreno sobre las paredes verticales del macizo. En tal caso debe cumplirse que la tangente del ángulo de desviación para que se llegue a las reacciones del terreno que determinan la estabilidad no debe ser superior a 0,01, condición que es tomada en cuenta en la ecuación de Sulzberger. En cuanto al coeficiente de seguridad, en tales circunstancias, se ha adoptado un valor mínimo de 1,20.

Se ha de señalar que, en aquellos casos en los que, por exigirse las condiciones de seguridad reforzada, el coeficiente de seguridad debe ser incrementado un 25 por ciento, lo que se ha hecho es incrementar un 25 por ciento los esfuerzos externos actuantes transmitidos por los conductores. Igualmente han de ser incrementados en un 25 por ciento los momentos de vuelco correspondientes a esfuerzos del viento sobre las estructuras de los apoyos.

Las cimentaciones resultantes se reflejan en tabla adjunta en planos.

2.2.- CÁLCULOS ELÉCTRICOS TRAMO AÉREO

2.2.1.- CALCULO INTENSIDAD DE DEFECTO Y TENSION DE PASO.

Dado que los apoyos se encontrarán en una zona tal que se consideran no frecuentados, y la línea está provista de desconexión automática, no es exigible el cumplimiento de las condiciones en relación con las tensiones de contacto, ya que se puede considerar despreciable la probabilidad de acceso y la coincidencia de un fallo simultáneo.

DATOS DE PARTIDA:

Intensidad máxima de defecto..... 600 A.

Resistividad del terreno (TABLA 1, MIE RAT 13)..... 500 Ω /m.

Tiempo desconexión defecto..... 1 s.

RESISTENCIA A TIERRA.

$$R_t = K_r \times \rho = 0,416 \times 500 = 208\Omega.$$

INTENSIDAD DE DEFECTO

$$I_d = \frac{11.547}{20 + R_t} = 50,64A$$

TENSIONES DE PASO

Tensión de paso máxima real.

$$K_p \times \rho \times I_d = 0,0785 \times 500 \times 50,64 = 1.987,62 V.$$

Tensión de paso máxima admisible.

-Terreno sin recubrir:

$$V_c = \frac{10 \times K}{t^n} \left(1 + \frac{6 \times \rho}{1.000} \right) = 3.140V$$

La tensión es superior a la real.

- La resistividad superficial mínima del terreno para que se cumplan las condiciones reglamentarias en cuanto a las tensiones de paso, será:

$$r_s = \left(\frac{K_p \times I \times I_d}{10 \times K} \right) \times \frac{1.000}{t^n} = 422 \Omega m$$

2.2.2.- POTENCIA MÁXIMA DE TRANSPORTE.

La máxima potencia que se puede transportar por esta línea, atendiendo al tipo de conductor usado es

$$P = \sqrt{3} \times I_{\max} \times U$$

Siendo:

$$I_{\max} = 2 \times 581 = 2 \times 581 = 1.162$$

$$U = 132 \text{ KV}$$

Por tanto la potencia máxima que se podrá transportar será:

$$P = \sqrt{3} \times I \times U = \sqrt{3} \times 1.162 \times 132 = 265,35 \text{ MVA.}$$

2.2.3.- INTENSIDADES Y CAÍDA DE TENSIÓN.

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_{\max} \cdot L \cdot (R \cdot \cos \Phi + X \cdot \sin \Phi)$$

L: Longitud del tramo en km.

R: Resistencia del conductor en Ohmios por kilómetro ($R = 0,0718 \Omega \text{ km}$)

X: Reactancia en Ohmios por kilómetro tro ($X = 0,3939 \Omega \text{ km}$)

φ : Ángulo de fase.

Dado que se trata solo de dos vanos, se considera despreciable.

2.2.4.- PERDIDA DE POTENCIA

La pérdida de potencia que, por el efecto Joule, se produce en la línea viene dada por la expresión:

$$P_{\text{potencia}} = 3 \times R \times I^2 \times L$$

La potencia perdida es despreciable, dado que se trata de dos vanos.:

2.2.5.- EFECTO CORONA

El efecto corona viene condicionado fundamentalmente por la rigidez del aire y el campo eléctrico creado en la superficie del conductor, produciéndose efecto visible cuando el campo eléctrico en la superficie del conductor es tal, que rebasa la rigidez dieléctrica del aire. La tensión para la cual comienzan los efectos visuales se denomina “tensión crítica disruptiva”. El valor de esta tensión crítica, a partir del cual se inician las pérdidas, depende de diversos factores como son el diámetro, la separación y rugosidad de los conductores, el estado higrométrico del aire y su densidad.

La formula general, o fórmula de Peek, para calcular la tensión crítica, recoge los factores relacionados anteriormente y se fundamenta en que la tensión disruptiva del aire a una presión de 760 mmHg y a una temperatura de 25°C es de 29,8 kV/cm.

$$U_c = \frac{29,8}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{3} \cdot \delta \cdot m_c \cdot m_t \cdot r \cdot \log\left(\frac{D}{r}\right)$$

$$U_c = \frac{29,8}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{3} \cdot 0,953 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 1,09 \cdot \text{Ln}\left(\frac{356,71}{1,09}\right) = 149,288 \text{ kV}$$

Siendo:

- U_c = Tensión compuesta crítica disruptiva (kV).

- m_c = Coeficiente de rugosidad del conductor, (1 para hilos lisos y pulidos; 0,95 para hilos oxidados y ligeramente rugosos; 0,85 para cables).

- 29,8 = Rigidez dieléctrica del aire a 25°C y 70 mmHg.

- δ = Factor de corrección de la densidad del aire en función de la presión barométrica y la temperatura:

$$\delta = \frac{3,926 \cdot h}{273 + \theta} \Rightarrow \delta = \frac{3,926 \cdot 70,10}{273 + 15,91} = 0,953$$

h = presión barométrica en centímetros de mercurio

$$\text{Ln}(h) = \text{Ln}(76) - 2,3 \frac{\text{altitudmedia}(m)}{18336}$$

$$h = e^{4,3307 - 2,3 \frac{643,43}{18336}} = 70,10 \text{ cmHg}$$

θ = temperatura media en °C

- mt = Coeficiente para tener en cuenta el efecto de lluvia. De valor 1,0 para buen tiempo y 0,8 para tiempo con lluvia.

- r = radio del conductor (cm).

- D distancia media geométrica entre fases (cm).

$$D = \sqrt[3]{D_1 \cdot D_2 \cdot D_3} \Rightarrow D =$$

$$D_1 = \frac{\sqrt{D_{12} \cdot D_{12'} \cdot D_{13} \cdot D_{13'}}}{D_{11'}}$$

$$D_2 = \frac{\sqrt{D_{21} \cdot D_{21'} \cdot D_{23} \cdot D_{23'}}}{D_{22'}}$$

$$D_3 = \frac{\sqrt{D_{31} \cdot D_{31'} \cdot D_{32} \cdot D_{32'}}}{D_{33'}}$$

Dado que la tensión crítica U_c es igual a 149,288 kV y la tensión de trabajo de la línea es de 132 kV, no existirán pérdidas por efecto corona.

2.3.- CÁLCULOS ELÉCTRICOS TRAMO SUBTERRÁNEO

2.3.1.- POTENCIA MÁXIMA DE TRANSPORTE.

La máxima potencia que se puede transportar por esta línea, atendiendo al tipo de conductor usado es

$$P = \sqrt{3} \times I_{\max} \times U$$

Siendo:

$$I_{\max} = 2 \times 952 = 1.904 \text{ A.}$$

$$U = 132 \text{ KV}$$

Por tanto la potencia máxima que se podrá transportar será:

$$P = \sqrt{3} \times I \times U = \sqrt{3} \times 1.904 \times 132 = 434,79 \text{ MVA.}$$