

Proyecto Fin de Máster

Ingeniería Industrial

Análisis de protección de la avifauna en instalaciones eléctricas realizadas con conductores desnudos

Autor: Diego Cabrera Castro

Tutor: Pedro Javier Zarco Perrián

Dpto. de Ingeniería Eléctrica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2021



Proyecto Fin de Máster
Ingeniería Industrial

Análisis de protección de la avifauna en instalaciones eléctricas realizadas con conductores desnudos

Autor:

Diego Cabrera Castro

Tutor:

Pedro Javier Zarco Perriñán

Profesor Ayudante Doctor

Dpto. de Ingeniería Eléctrica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2021

Proyecto Fin de Máster: Análisis de protección de la avifauna en instalaciones eléctricas realizadas con conductores desnudos

Autor: Diego Cabrera Castro

Tutor: Pedro Javier Zarco Perrián

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2020

El Secretario del Tribunal

A todos aquellos que de un modo u otro me han ayudado a llegar hasta aquí, en especial a mi familia, mi pareja y mis maestros.

Agradecimientos

A mi...

padre, por estar siempre ahí y por su dedicación incluso en los momentos más difíciles.

madre, por abrir una puerta donde parecía que no había nada más.

hermana, por procrastinar conmigo cuando más lo necesitaba.

pareja y mi mejor amiga, por ser la luz cuando todo estaba oscuro.

tutor, por su consejo en realizar este trabajo y ser tan atento.

y, en esta ocasión, a mí mismo, por haber seguido este sendero.

Diego Cabrera Castro

Sevilla, 2021

Resumen

Desde hace siglos, el ser humano abandonó el antropocentrismo. No somos el centro del universo y mucho menos los únicos seres que habitan la tierra. Lo que sí es cierto es que gozamos de una posición de fuerza y es nuestra obligación velar por los más débiles. En ese sentido, tan imprescindible se ha hecho la electricidad para el hombre como el agua para la vida. Y al igual que desde los romanos se construyeron acueductos para finalmente dar paso a las tuberías y cañerías, hemos diseñado y construido líneas eléctricas que permiten llevar la electricidad hasta los lugares más remotos. Pero esto lo hicimos desde esa posición de fuerza, sin pensar en las consecuencias que traerían para el resto de seres vivos y, en especial, para las aves.

Desde Andalucía, fuimos pioneros en asentar unas reglas para proteger la avifauna, que vino en forma de Decreto, el 178/2006 de 10 de octubre. El resto del territorio nacional no pudo quedarse atrás, y consciente del problema, reguló bajo el Real Decreto 1432/2008 de 29 de agosto las medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión. Pero, como suele suceder, este cambio se realizó lentamente hasta la Resolución de 20 de noviembre de 2019, en la que se ha puesto todo el empeño para que aquellas líneas peligrosas para las aves sean adaptadas a la mayor brevedad posible.

Humildemente, en este trabajo se estudiarán ambos decretos y se recogerá toda la información necesaria para que distribuidoras y redes privadas doten a sus líneas con la protección adecuada para prevenir la mortandad de las aves. Sirviendo como motivación y tomando como ejemplo un ave que al redactor de este texto le es familiar, el Buitre Leonado, se analizarán las consecuencias que una línea eléctrica sin adaptar puede provocar en el animal. Siendo consciente de lo amplio que es nuestro territorio, el trabajo se centrará en la región de Andalucía, estudiando las configuraciones de tendidos más habituales que se dejan ver en el paisaje andaluz.

También, para facilitar esta tarea, se estudiará una línea de media tensión real y se abordarán todos los puntos que los ingenieros han de desarrollar en sus proyectos para garantizar el cumplimiento de estas leyes y no solo eso, sino para demostrar que se combate eficazmente por el más débil. Para ello se propone un método de probada eficacia para garantizar que todos los componentes de una línea eléctrica son analizados e incorporados al proyecto.

Sirva por tanto este trabajo para concienciar a futuros y actuales ingenieros de la importancia de la protección de la avifauna y una guía para que la realización de sus proyectos sea lo más certera posible en este ámbito.

*Una cadena no es más fuerte que su eslabón más débil,
y después de todo, la vida es una cadena*

- William James -

Abstract

We abandoned the idea of Anthropocentrism centuries ago. We realized that we were not the center of the universe, much less the only inhabitants of the earth. Yet, we still enjoy a position of strength, leaving it to our duty to look after the weakest species. In that sense, electricity has become as essential for humans as water for life. Just as the Romans built aqueducts allowing for water supply systems, more recently, power lines have been made to bring electricity to every corner of the world. However, this accomplishment has been met without the proper regard towards other species such as birds.

Andalusia pioneered the creation of regulations to protect birds, namely, in the 178/2006 Decree of October 10. Subsequently, the Spanish Government issued the Royal Decree 1432/2008 of August 29 and enforced a series of measures to protect birds against collision and electrocution on high voltage power lines. Changes, however, came about slowly, and it was not until the issuing of a Resolution on November 20, 2019, that the Spanish Government made genuine efforts to implement changes to power lines to increase bird safety.

This study will closely examine the decrees and compile all relevant information so that electrical distributors and private networks add adequate protection measures to power lines to prevent bird mortality.

As a means of illustration, the study will analyze the adverse effects of failure to update power lines on birds, namely on the Griffon Vulture in the region of Andalusia. It will look at the most common power line configurations in the Andalusian landscape. Thus, a medium voltage line will be studied, and a list of items to guarantee compliance with these laws will be provided. The study puts forth an effective method to ensure the incorporation of bird protection measures in power line projects. We hope that this study will raise future and current engineers' awareness of the importance of protecting birds and provide them with specific and accurate guidance in this arena.

Índice

Agradecimientos	ix
Resumen	xi
Abstract	xiii
Índice	xv
Índice de Tablas	xvii
Índice de Figuras	xix
1 Introducción	1
2 Aves en España	3
3 Necesidad de protección de la avifauna	5
3.1 <i>Nociones básicas de cortocircuitos</i>	5
3.2 <i>Cortocircuitos y aves</i>	5
3.2.1 Electrocuación del ave	6
3.2.2 Colisión del ave	8
3.2.3 Estadísticas de mortandad de aves	9
3.2.4 Calidad de suministro	9
4 Base legal	11
4.1 <i>Real Decreto 1432/2008</i>	11
4.1.1 Objeto	11
4.1.2 Ámbito de aplicación	11
4.1.3 Mantenimiento de las líneas	12
4.1.4 Prescripciones técnicas	13
4.1.5 Contenido de los proyectos	15
4.2 <i>Boletín de la Junta de Andalucía número 209, Decreto 178/2006 de 10 de octubre</i>	16
4.2.1 Objeto	16
4.2.2 Ámbito de aplicación	16
4.2.3 Prescripciones técnicas	16
4.2.4 Contenido de los proyectos	18
4.3 <i>Diferencias significativas entre RD 1432/2008 y Decreto 178/06</i>	18
4.3.1 Ámbito de aplicación	19
4.3.2 Prescripciones técnicas	19
4.4 <i>Resumen: Prescripciones técnicas para una línea de alta tensión con conductores desnudos nueva o existente en la Comunidad de Andalucía</i>	20
4.5 <i>BOJA: Resolución de 20 de noviembre de 2019</i>	20

5	Protección de la avifauna. Soluciones	23
5.1	<i>Protección frente a la electrocución</i>	23
5.1.1	Apoyos de alineación y elementos disuasores de posada	23
5.1.2	Apoyos de amarre	24
5.1.3	Apoyos con centro de transformación	25
5.1.4	Apoyos con aisladores rígidos	27
5.1.5	Apoyos con seccionadores tripolares	29
5.1.6	Apoyos de alineación con aisladores rígidos	32
5.1.7	Apoyos de paso aéreo a subterráneo	35
5.1.8	Corolario	36
5.2	<i>Protección frente a la colisión</i>	36
6	Adaptación para la avifauna de línea eléctrica de media tensión existente	39
6.1	<i>Peticionario y titular de la línea de media tensión</i>	39
6.2	<i>Ubicación de la línea de media tensión</i>	39
6.3	<i>Características de la corriente de línea y su procedencia</i>	44
6.4	<i>Características generales de la línea</i>	44
6.5	<i>Estado Actual</i>	45
6.6	<i>Actuaciones a realizar</i>	46
6.7	<i>Cuadro resumen. Explicación</i>	47
6.7.1	Adecuar apoyo de alineación tipo	48
6.7.2	Adecuar apoyo de amarre tipo	50
6.7.3	Adecuar apoyo en V tipo	51
6.7.4	Adecuar apoyo en derivación tipo	53
6.7.5	Adecuar apoyo paso aéreo a subterráneo o CT intemperie con alimentación realizada con cable seco	54
6.7.6	Adecuar apoyo con dos pasos aéreo a subterráneo (Entrada – salida a CT)	55
6.7.7	Adecuar apoyo paso aéreo a subterráneo con continuación de línea	56
6.7.8	Adecuar CT Tipo 1	57
6.7.9	Adecuar CT Tipo 2	59
6.7.10	Adecuar CT Tipo 3	60
6.8	<i>Cuadro resumen para la línea Indiano</i>	61
6.9	<i>Características de los sistemas de aislamiento y dispositivos salvapájaros a instalar</i>	62
6.9.1	Medidas antielectrocución	63
6.9.2	Medidas anticolidión	68
6.10	<i>Mediciones</i>	69
7	Conclusiones y futuras líneas de investigación	73
7.1	<i>Conclusiones</i>	73
7.2	<i>Futuras líneas de investigación</i>	74
	Referencias	75
	Anexos	77
A.	<i>Anexo 1: Zonas de Especial Protección para las Aves en Andalucía</i>	77
B.	<i>Anexo 2: Catálogo Español de especies amenazadas</i>	81
C.	<i>Anexo 3: Inventario de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía</i>	100
D.	<i>Anexo 4: Inventario de humedales de Andalucía</i>	104
	Índice de Conceptos	113
	Glosario	115
	Planos	117
	<i>Plano 01: Emplazamiento</i>	117
	<i>Plano 02: Planta. Plano guía</i>	117
	<i>Plano 03: Planta y perfil de la línea</i>	117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2 – 1. Aves comunes en España [1]	4
Tabla 2 – 2. Aves en peligro de extinción [2]	4
Tabla 3 - 3. Cortocircuito bifásico	7
Tabla 3 - 4. Cortocircuito trifásico	7
Tabla 3 - 5. Cortocircuito monofásico	8
Tabla 6-6. Coordenadas UTM iniciales y finales de la instalación proyectada	39
Tabla 6-7. Coordenadas UTM del punto frontera	44
Tabla 6-8. Coordenadas UTM de los apoyos y término municipal	45
Tabla 6-9. Explicación del cuadro resumen. Cuadro inicial	47
Tabla 6-10. Explicación del cuadro resumen. Cuadro de características de los apoyos	47
Tabla 6-11. Explicación del cuadro resumen. Cuadro de actuaciones a realizar	48
Tabla 6-12. Apoyo en derivación tipo. Recuento de tubos de protección rígidos	54
Tabla 6-13. LAMT Indiano. Cuadro inicial	61
Tabla 6-14. LAMT Indiano. Cuadro de características de los apoyos	61
Tabla 6-15. LAMT Indiano. Cuadro de actuaciones a realizar	62
Tabla 6-16. Mediciones	72
Tabla A-17. Zonas de Especial Protección Para las Aves en Andalucía	80
Tabla B-18. Catálogo Español de Especies Amenazadas	100
Tabla C-19. Inventario de Espacios Naturales Protegidos en Andalucía	103
Tabla D-20. Inventario de humedales de Andalucía	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3 - 1. Buitre Leonado. Imagen de SEO BirdLife	5
Figura 3 - 2. Dimensiones del buitre leonado	6
Figura 3-3. Cortocircuito bifásico	7
Figura 3-4. Esquemática del cortocircuito bifásico	7
Figura 3-5. Cortocircuito trifásico	7
Figura 3-6. Esquemática del cortocircuito trifásico	7
Figura 3-7. Cortocircuito monofásico	8
Figura 3-8. Esquemática del cortocircuito monofásico	8
Figura 4-9. Zonas ZEPA de España	12
Figura 4-10. Montaje con aislador rígido	13
Figura 4-11. Distancia de seguridad de las cadenas de aisladores	15
Figura 5-12. Apoyo de alineación	23
Figura 5-13. Apoyo de alineación con distancias reducidas	24
Figura 5-14. Elementos disuasores de posada	24
Figura 5-15. Adaptación de cadena de amarre	25
Figura 5-16. Apoyo con CT de intemperie y autoválvulas sobre cruceta superior	25
Figura 5-17. Apoyo con CT intemperie completo sin adaptación para la avifauna	26
Figura 5-18. Apoyo con CT intemperie completo con adaptación para la avifauna	26
Figura 5-19. Apoyo con aislador rígido	27
Figura 5-20. Apoyo con aislador rígido sustituido por alineación	27
Figura 5-21. Vista isométrica del apoyo con aislador rígido sustituido por cadena de suspensión	28
Figura 5-22. Apoyo de amarre con alargaderas	28
Figura 5-23. Adecuación de apoyo de amarre con cadena de suspensión para el puente central	29
Figura 5-24. Apoyo en montaje cero con seccionador tripolar en cabeza	29
Figura 5-25. Apoyo en montaje cero con tres seccionadores unipolares	30
Figura 5-26. Apoyo en montaje tresbolillo atirantado con tres seccionadores unipolares	31
Figura 5-27. Adecuación de apoyo en montaje cero con 3 SU	31

Figura 5-28. Adecuación de apoyo tresbolillo atirantado con 3 SU	32
Figura 5-29. Apoyos de alineación con aisladores rígidos	32
Figura 5-30. Apoyo tipo bóveda con cadenas de suspensión	33
Figura 5-31. Apoyo tipo bóveda con cadenas de suspensión y aislamiento de la fase central	33
Figura 5-32. Apoyo tipo bóveda con cadenas de suspensión y aislamiento de las tres fases	34
Figura 5-33. Apoyo de paso aéreo a subterráneo	35
Figura 5-34. Adaptación de apoyo con paso aéreo a subterráneo	36
Figura 5-35. Dispositivo de anticolidión: Espiral	37
Figura 5-36. Disposición frente a la colisión	37
Figura 6-37. Vista aérea de la LMT	40
Figura 6-38. Cola del embalse de Bornos	40
Figura 6-39. Ampliación ZEPA 1. Antielectrocución.	41
Figura 6-40. Ampliación ZEPA 2. Anticolisión	41
Figura 6-41. Ampliación ZEPA. Anticolisión y antielectrocución.	42
Figura 6-42. Ampliación ZEPA. Vista aérea centrada en la LMT objeto de estudio	42
Figura 6-43. Zona de Especial Protección para las Aves definitiva	43
Figura 6-44. Zona de Especial Protección para las Aves definitiva centrada en LMT objeto de estudio	43
Figura 6-45. Apoyo de alineación tipo	49
Figura 6-46. Justificación del número de tubos de protección rígidos	49
Figura 6-47. Esquema de conector por cuña	50
Figura 6-48. Apoyo de amarre tipo	51
Figura 6-49. Justificación del número de tubos de protección flexible en apoyo en V	52
Figura 6-50. Apoyo en V tipo	52
Figura 6-51. Apoyo en derivación tipo	53
Figura 6-52. Apoyo en derivación tipo. Planta	54
Figura 6-53. Apoyo paso aéreo a subterráneo tipo	55
Figura 6-54. Apoyo con dos pasos aéreo a subterráneo tipo	56
Figura 6-55. Apoyo con paso aéreo a subterráneo y continuación de línea tipo	57
Figura 6-56. Apoyo CT T1	58
Figura 6-57. Apoyo CT T2	59
Figura 6-58. Apoyo CT T3	60
Figura 6-59. Aislamiento para grapas de suspensión	63
Figura 6-60. Aislamiento para grapas de amarre	63
Figura 6-61. Aislamiento de cables desnudos. Tubos de protección	64
Figura 6-62. Aislamiento para las botellas terminales	64
Figura 6-63. Aislamiento de seccionadores unipolares	65
Figura 6-64. Aislamiento Cut-out o base portafusibles	65
Figura 6-65. Aislamiento de terminales para autoválvulas	66
Figura 6-66. Aislamiento para bornes de baja tensión del transformador	66
Figura 6-67. Aislamiento para bornas de media tensión del transformador	67

Figura 6-68. Protección de conectores por cuña	67
Figura 6-69. Medida anticolidión. Espiral	68
Figura 6-70. Medidas anticolidión. Aspas de polipropileno colocadas en X	68
Figura 6-71. Medidas anticolidión. Dispositivos reflectantes	69

1 INTRODUCCIÓN

A lo largo de este trabajo se analizará la avifauna presente en la península y los decretos que regulan las prescripciones técnicas a las que se han de ceñir las líneas eléctricas de media tensión nuevas y existentes para la protección de las aves, así como las consecuencias de un cortocircuito sobre un ave y cómo se puede dar esa situación. Se analizarán los tendidos más comunes en el paisaje andaluz y se desarrollará desde el punto de vista académico un proyecto de adaptación a la avifauna, presentando una metodología para la recopilación de datos de una línea de media tensión. De este modo, el Capítulo 2, busca un acercamiento al lector de la avifauna existente en el territorio nacional. En el Capítulo 3, se procede a justificar el porqué de la necesidad de proteger las líneas aéreas, aportando nociones básicas pero suficientes para conocer los distintos tipos de cortocircuitos que se pueden dar, así como las consecuencias que pueden causar a un ave. Como corolario a este capítulo, se mostrarán las estadísticas de mortandad de las aves debidas a cortocircuitos.

Posteriormente, en el Capítulo 4 se estudiará la legislación existente para prevenir la mortandad de las aves y proteger eficazmente las líneas. Para ello se desarrollará el Real Decreto 1432 / 2008, de aplicación a todo el territorio nacional, el Decreto 178 / 2006, cuyo ámbito específico de actuación es la Comunidad Autónoma de Andalucía y la Resolución de 20 de noviembre de 2019 la cual justifica la realización de este trabajo.

Asentadas las bases legales, en el Capítulo 5 se ofrece un listado de posibles soluciones para la protección eficaz de la avifauna en múltiples disposiciones de tendidos e instalaciones, cada una convenientemente explicada y justificada.

Para acercar este trabajo a la realidad, en el Capítulo 6 se procederá a analizar una línea existente de media tensión, que necesita ser adecuada para cumplir con la legislación vigente. Para ello se tratará este capítulo como si de un proyecto de adecuación de la avifauna se tratara, incorporando todos los puntos exigidos en base al reglamento que han de tener estos proyectos. Se analizarán sus características, su estado actual, las reformas necesarias a emprender, etc. Además, se propone un método de análisis de estas líneas aéreas basadas en “instalaciones tipo” cuya finalidad es listar las adecuaciones necesarias para una eficaz protección y garantizar el cumplimiento de la legislación. Incluirá también una sección de mediciones y los planos e imágenes de los elementos a instalar que son necesarios.

Por último, el Capítulo de Anexos recoge una serie de anexos que son objeto de consulta para cualquier ingeniero que desee realizar un proyecto en este ámbito, así como todo aquel que desee información adicional a los apartados anteriormente descritos.

2 AVES EN ESPAÑA

España goza de una situación privilegiada en términos de avifauna. La Sociedad Española de Ornitología (en adelante SEO), establece que en la península ibérica existen 622 especies de aves, clasificadas en 104 familias. De ellas, más de 350 especies pueden observarse regularmente en el país. Entre estas especies las hay residentes, estivales, pasajeras en su camino hacia el sur procedentes de la zona norte de Europa donde crían, etc.

De forma práctica, se recoge en la siguiente Tabla 2 – 1, no exhaustiva, las aves más habituales y residentes en España.

Nombre común	Nombre común	Nombre común	Nombre común
Abejaruco europeo	Carricero tordal	Garza real	Papamoscas cerrojillo
Abubilla	Cerceta común	Gaviota patiamarilla	Pardillo común
Acentor común	Cernícalo vulgar	Gaviota reidora	Pato colorado
Agachadiza común	Charrán común	Gaviota sombría	Perdiz roja
Agateador europeo	Chochín común	Golondrina común	Petirrojo europeo
Aguila real	Chocva piquirroja	Gorrión común	Pico picapinos
Aguilucho cenizo	Cigüeñuela blanca	Gorrión molinero	Pinzón azul
Alcaudón común	Cigüeñuela común	Grajilla occidental	Pinzón vulgar
Alcaudón real	Cogujada común	Halcón peregrino	Pinzón vulgar
Alimoche común	Colirrojo tizón	Herrerillo canario	Pito real ibérico
Alondra común	Collalba gris	Herrerillo capuchino	Porrón europeo
Ánade azulón	Collalba rubia	Herrerillo común	Porrón moñudo
Ánsar común	Cormorán grande	Jilguero europeo	Rabilargo ibérico
Archibebe común	Corredor sahariano	Lavandera blanca	Reyezuelo sencillo
Autillo europeo	Cuchara común	Lechuza común	Roquero solitario
Avefría europea	Cuervo grande	Martín pescador común	Serín canario
Avión común	Curruca cabecinegra	Milano negro	Serín verdecillo
Avión roquero	Curruca capirotada	Milano real	Somormujo lavanco
Avutarda común	Curruca rabilarga	Mirlo común	Tarabilla canaria

Avutarda hubarda	Escribano montesino	Mito común	Tarabilla europea
Bisbita caminero	Escribano palustre	Mochuelo europeo	Tórtola europea
Buitre leonado	Escribano soteño	Mosquitero común	Trepador azul
Busardo ratonero	Escribano triguero	Nombre	Vencejo común
Calandria común	Estornino negro	Oropéndola europea	Verderón común
Camachuelo trompetero	Focha común	Paloma bravía	Zampullín común
Carbonero común	Gallineta común	Paloma rabiche	Zarcero políglota
Carbonero garrapinos	Garceta común	Paloma torcaz	Zorzal charlo
Carraca europea	Garcilla bueyera	Paloma turqué	Zorzal común

Tabla 2 – 1. Aves comunes en España [1]

Además, en la península existen ciertas especies de aves en peligro de extinción y, por tanto, se encuentran protegidas. En la siguiente Tabla 2 – 2 no exhaustiva se enumeran estas aves.

Nombre común	Nombre común
Alcaudón chico	Halcón tagarote
Alimoche canario	Malvasía cabeciblanca
Águila imperial ibérica	Milano real
Avetoro común	Pardela balear
Avutarda hubara	Pico dorsiblanco
Arao común	Pinzón azul de Gran Canaria
Avetoro común	Porrón pardo
Cerceta pardilla	Quebrantahuesos
Escribano palustre	Torillo
Focha cornuda o moruna	Urogallo cantábrico
Fumarel común	Zarapito real

Tabla 2 – 2. Aves en peligro de extinción [2]

Por tanto, quedan reflejadas en las anteriores tablas la gran cantidad de aves que usualmente se pueden encontrar en España. Si bien es cierto que no todas corren riesgo de electrocución, todas están sometidas al peligro de colisión. Esto se analizará en capítulos posteriores.

3 NECESIDAD DE PROTECCIÓN DE LA AVIFAUNA

En este capítulo se procede a analizar la necesidad de la protección de la avifauna, los motivos por los cuales es importante adaptar las líneas para evitar los defectos que puedan causar daño a las aves, así como algunas estadísticas de mortandad de aves en España. Para las distintas representaciones se ha elegido un ave de gran tamaño para poder contemplar todas las casuísticas que se pueden dar.

3.1 Nociones básicas de cortocircuitos

Un cortocircuito es un fallo eléctrico que se produce cuando dos o más puntos que se encuentran a distinto potencial se unen eléctricamente estableciendo un contacto físico entre ambos. Esto provoca que la resistencia del circuito disminuya hasta valores próximos a cero lo que, por la Ley de Ohm ($I = V / R$), genera un aumento brusco de la corriente que, de no ser corregida, puede provocar temperaturas elevadas, deterioro del aislante, fundición del conductor, incendio de instalaciones, etc.

Los cortocircuitos, según el número de fases afectadas pueden ser monofásicos, bifásicos, trifásicos, bifásicos a tierra, y trifásicos a tierra, siendo los tres primeros los más comunes en lo referente a la electrocución de las aves.

3.2 Cortocircuitos y aves

A modo de ejemplo, y teniendo en cuenta que se estudiará un caso de aplicación en la Comunidad de Andalucía, de la lista anterior se va a escoger un ave con la que se pueda contemplar toda la casuística. Ésta debe ser de cierta envergadura, pues son las que pueden originar los defectos más importantes y más comunes, tal y como se indicó en la introducción de este capítulo. Se escogerá de la lista el buitre leonado (Figura 3 - 1).



Figura 3 - 1. Buitre Leonado. Imagen de SEO BirdLife

Esta ave carroñera, puede llegar a medir más de 2,5 metros de envergadura (es decir, la distancia entre las dos puntas de las alas cuando se encuentran completamente extendidas), y pesar hasta 10 kg. Es una de las aves más

voluminosas de Europa. De forma esquemática se muestra en la siguiente Figura 3 - 2 sus dimensiones.



Figura 3 - 2. Dimensiones del buitre leonado

Una vez descrita esta ave de ejemplo, se analizará qué ocurre cuando el ave detecta un cadáver en sus inmediaciones y que, a su vez, en las cercanías de su alimento, hay una línea de media tensión sin ningún elemento de protección de la avifauna. Se supondrá una línea de simple circuito, 20 kV, con conductor 47-AL1/8-ST1A (LA-56).

3.2.1 Electrocuación del ave

La notación de los siguientes esquemas es la que sigue: Las flechas negras indican las corrientes de cortocircuito, es decir indica el recorrido donde se registra el mayor aumento de la corriente y las flechas blancas indican las corrientes parciales de cortocircuito en los distintos conductores implicados, es decir indican de donde proviene la energía (la corriente) que alimenta al cortocircuito, registrándose en estos conductores un aumento de la intensidad que por ellos circula cuya suma resulta en la corriente de cortocircuito global (es decir, la flecha negra).

3.2.1.1 Caso 1: Cortocircuito bifásico

Descripción: Durante su vuelo, las alas del buitre se ponen en contacto con dos fases de la línea de MT que se encuentra en la zona. Al no existir ningún tipo de mecanismo para ahuyentar al ave para que redirija su vuelo y sin que ésta sea consciente del peligro que entraña, se dispone a cruzar entre los conductores, ocasionando el fallo. Otro origen de este fallo es que el ave, tras apoyarse en uno de los conductores, reemprende el vuelo y, al tener la suficiente envergadura, una de las alas se apoya sobre el otro conductor, ocasionando el fallo. Dentro de la Tabla 3 - 3, la Figura 3-3 muestra un esquema en el cual se representa un posible caso que da lugar a este cortocircuito, de acuerdo a lo descrito anteriormente. En la Figura 3-4 se muestra la representación eléctrica de este cortocircuito.

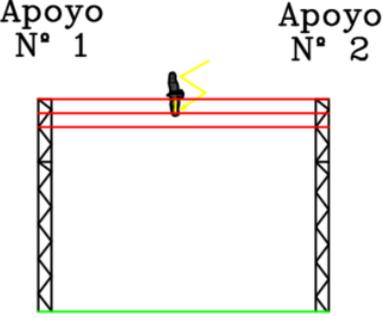
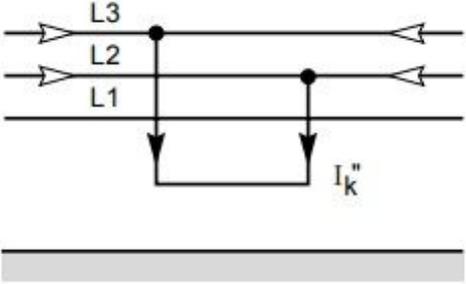
Representación del accidente	Representación eléctrica
<p style="text-align: center;">Cortocircuito 2F</p>  <p style="text-align: center;">Figura 3-3. Cortocircuito bifásico</p>	 <p style="text-align: center;">Figura 3-4. Esquemática del cortocircuito bifásico</p>

Tabla 3 - 3. Cortocircuito bifásico

3.2.1.2 Caso 2: Cortocircuito trifásico

Descripción: Durante su vuelo, las alas del buitre se ponen en contacto con tres fases de la línea de media tensión que se encuentra en la zona. A diferencia del caso anterior, en este caso y probablemente tras un primer cortocircuito bifásico, el ave se queda unida a la línea por la corriente que circula a través de ella, llegando a poner en contacto la otra ala con el tercer conductor y ocasionando el fallo. Este caso se puede dar con más frecuencia en líneas de doble circuito por la disposición de los conductores, ya que se suelen disponer de forma paralela en el mismo plano vertical. Dentro de la Tabla 3 - 4, la Figura 3-5 muestra un esquema en el cual se representa la esquemática que podría dar lugar a este cortocircuito, de acuerdo a lo descrito anteriormente. En la Figura 3-6 se muestra la representación eléctrica de este cortocircuito.

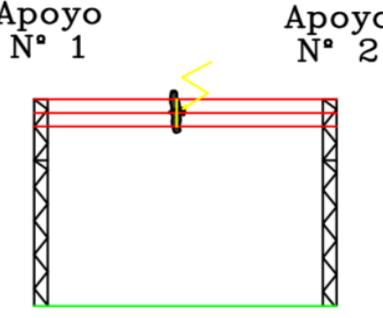
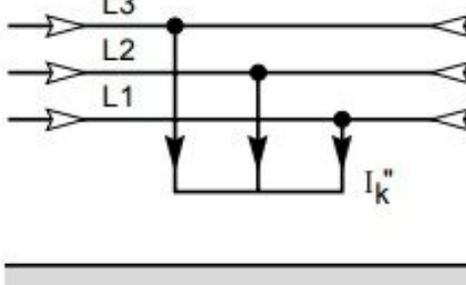
Representación del accidente	Representación eléctrica
<p style="text-align: center;">Cortocircuito 3F</p>  <p style="text-align: center;">Figura 3-5. Cortocircuito trifásico</p>	 <p style="text-align: center;">Figura 3-6. Esquemática del cortocircuito trifásico</p>

Tabla 3 - 4. Cortocircuito trifásico

3.2.1.3 Caso 3: Cortocircuito monofásico

Descripción: Es frecuente que las aves se posen sobre una de las crucetas del apoyo. En caso de que la línea no esté convenientemente adaptada a avifauna o que la separación entre conductores y apoyo no sea suficiente, el ave puede tocar con una de sus alas el apoyo metálico y con la otra un conductor, originando el defecto.

Este accidente es el representado en la Figura 3-7. En la Figura 3-8 se muestra el esquema eléctrico del defecto, donde se ha empleado la fase L1 en lugar de la L3 como aparece indicado en la representación del accidente por simplicidad, siendo completamente extrapolable a cualquier fase. Ambas imágenes se encuentran en la Tabla 3 - 5.

Es conveniente comentar aquí otra casuística que se puede dar en los apoyos tipo tresbolillo o similares. El ave puede posarse en la cruceta inferior (en la Figura 3-7, se estaría haciendo referencia a la cruceta inferior derecha, sobre la cual se sitúa la otra cruceta a la distancia reglamentaria). Al reemprender el vuelo, el ave puede tomar impulso (realizando un pequeño salto), lo cual, en aves grandes puede originar tanto un defecto monofásico (si toca con alguna extremidad el apoyo metálico y con la otra el conductor) o incluso uno bifásico.

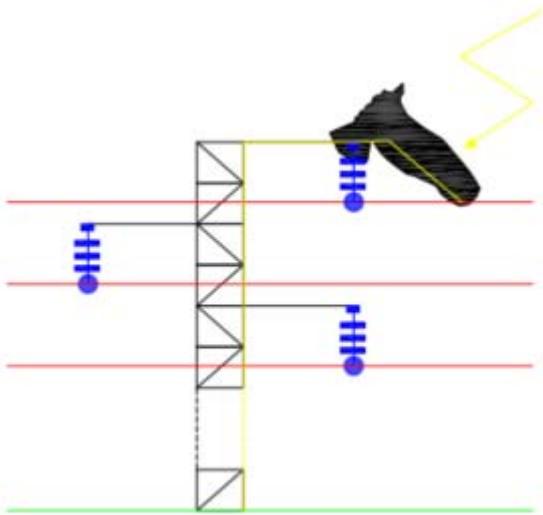
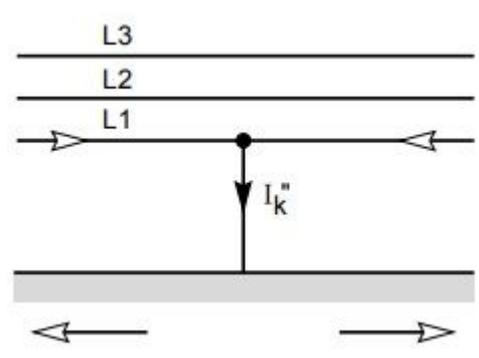
Representación del accidente	Representación eléctrica
 <p data-bbox="255 1344 686 1377">Figura 3-7. Cortocircuito monofásico</p>	 <p data-bbox="861 1299 1340 1377">Figura 3-8. Esquemática del cortocircuito monofásico</p>

Tabla 3 - 5. Cortocircuito monofásico

Si bien se ha referenciado en todo momento a los conductores, estos defectos se pueden producir también, por ejemplo, cuando existen transformadores de intemperie u algún elemento de protección. El ave puede posarse sobre el transformador y fácilmente tocar con sus extremidades los circuitos no aislados, provocando alguno de los efectos mencionados anteriormente.

3.2.2 Colisión del ave

En el apartado anterior se ha analizado el caso en el cual el ave se electrocuta. Para que esto ocurra deben estar implicadas dos o más fases o bien una fase y masa, es decir, la parte metálica del apoyo. También puede ocurrir que el ave impacte con uno o varios de estos conductores.

Los buitres, aprovechan para su vuelo las corrientes térmicas ascendentes que en el caso de España son más frecuentes en los meses cálidos. Con unas condiciones idóneas estas aves pueden alcanzar una velocidad de 70 km/h (19,44 m/s).

Esta velocidad, teniendo en cuenta que el ave puede llegar a pesar 10 kg, equivale a una energía cinética de:

$$E_C = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 19,44^2 = 1890 J \quad (3-1)$$

Si suponemos una masa de 1 kg suspendida y la igualamos a esa energía, despejando h (la altura):

$$E_C = E_P = m \cdot g \cdot h \quad (3-2)$$

$$1890 \frac{1}{g} = h \quad (3-3)$$

$$h = 192,86 m \quad (3-4)$$

Siendo g la gravedad terrestre ($g = 9,81 m/s^2$)

En resumen, un impacto a esa velocidad equivale al impacto de una masa de 1 kg caída desde 193 metros (64 pisos).

Si el conductor de la línea no está convenientemente señalizado, éste puede transparentarse o camuflarse con su entorno, de modo que el ave, centrada en su presa, no lo detecte siendo un impacto, como se ha podido comprobar, mortal.

3.2.3 Estadísticas de mortandad de aves

Se puede pensar que estos sucesos son escasos, aislados o de difícil circunstancia, pero de acuerdo a un estudio preliminar realizado por SEO BirdLife en agosto de 2020 [3] se estima que cinco millones de aves podrían estar muriendo al año solo por colisión en España. El análisis se ha realizado a lo largo de las principales rutas migratorias de las aves en España. A este dato hay que sumarle más de 30.000 aves por electrocución, de acuerdo con el Ministerio de Medio Ambiente [4]. La cifra puede parecer irrelevante frente a la anterior, pero es preciso tener en cuenta que para que se produzca una muerte por electrocución el ave ha de tener cierta envergadura (como la analizada anteriormente), y, casi todas las aves catalogadas en peligro de extinción, tienen un tamaño superior a la media de las aves (por ejemplo, el Águila Imperial, el Quebrantahuesos, el Milano Real, etc.).

Es preciso puntualizar que se estima que el 86 % de las aves muertas por colisión y el 97% de las aves muertas por electrocución con tendidos eléctricos no son detectadas [5], por tanto se trata de mortandad de aves mucho mayor de las reflejadas en las estadísticas.

3.2.4 Calidad de suministro

En el día a día, el mercado eléctrico estudia y predice la demanda de acuerdo a una serie de horas valle y punta en función del consumo. En las horas punta, las líneas suelen estar más cargadas, circulando por ellas más corriente para satisfacer la demanda. Ante este fenómeno, existe la posibilidad de que un ave, tras su electrocución en momentos en que exista mayor carga no caiga al suelo y quede adherida al conductor y por lo tanto manteniendo el cortocircuito. Cuando en una línea eléctrica se produce un cortocircuito, las protecciones instaladas en las subestaciones actúan, abriendo las líneas. A pesar de la actuación de los reenganchadores, si el defecto persiste, la línea queda desconectada pudiendo dejar a multitud de clientes sin servicio, afectando a dos indicadores clave: El TIEPI (Tiempo de interrupción equivalente de la potencia instalada) y el NIEPI (Número de interrupciones equivalentes de la potencia instalada). Estos indicadores, en caso de exceder ciertos umbrales, penalizan a las distintas empresas eléctricas. A pesar de que no se han encontrado estudios significativos en este campo, dotar una línea eléctrica de protección de la avifauna mejora la calidad de suministro y por tanto estos indicadores. A pesar de su escasa mención, también se hace referencia a este hecho en el Real Decreto 1432/2008.

4 BASE LEGAL

En este capítulo se procede a describir la base legal que ampara a la protección de la avifauna, una serie de directrices a las que las líneas eléctricas han de ceñirse para su correcta legalización y actuación frente a la mortandad de aves. Por ello, en este capítulo se analizan los puntos más significativos de los decretos que regulan la adecuación de las líneas eléctricas de media tensión, los puntos clave, así como las posibles interpretaciones.

Existe un Real Decreto (RD 1432/2008) [6], de obligado cumplimiento en todo el territorio nacional, el cual se explica en la Sección 4.1, y existen decretos que establecen sus normas de acuerdo al contexto de cada comunidad autónoma. En este trabajo se analizará el Decreto 178/2006 [7], publicado en el BOJA (Boletín Oficial de la Junta de Andalucía) que afecta a esta comunidad autónoma y el cual se detalla en la Sección 4.2.

Para favorecer la veracidad del texto, se rescatarán algunos párrafos completos de la norma, incidiendo en aquellos puntos que se consideran conflictivos o que necesitan aclaraciones. Estos documentos son públicos, por tanto, se puede acceder en cualquier momento a los documentos originales vía web.

Además, se analiza en la Sección 4.3 las diferencias significativas en cuanto a la reglamentación española y andaluza.

Existe una particularidad y es que el Decreto de la Comunidad de Andalucía es anterior al Real Decreto 1432/2008. Sobre ello se incide en la Sección 4.5.

Finalmente, ante la extensa normativa que regulan los aspectos de la protección de la avifauna, se establece un resumen de los acontecimientos que se producen hasta llegar a la Resolución de 20 de noviembre de 2019 [8], en la Sección 4.5, que da lugar al aumento de proyectos de adaptación para la avifauna de las líneas eléctricas de media tensión desde el año 2019.

4.1 Real Decreto 1432/2008

Un Real Decreto es una norma jurídica que emana del consejo de ministros, es decir del poder ejecutivo y no del legislativo. Suelen tratarse de una delegación que el poder legislativo le hace al ejecutivo sobre aquellos asuntos que considera que puede legislar mejor.

El real decreto que afecta directamente al tema que en este trabajo se desarrolla es el Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas de carácter técnico en líneas eléctricas de alta tensión, con objeto de proteger la avifauna.

A continuación, se describen y desarrollan los puntos más importantes de este Real Decreto.

4.1.1 Objeto

Su objetivo es establecer las normas de carácter técnico de aplicación a las líneas eléctricas aéreas de alta tensión con conductores desnudos situadas en las zonas de protección (Sección 4.1.2), con el fin de reducir los riesgos de colisión y electrocución para la avifauna, así como mejorar la calidad de suministro.

4.1.2 Ámbito de aplicación

Es de aplicación a las líneas eléctricas aéreas de alta tensión con conductores desnudos situadas en zonas de protección:

- a) *Que sean de nueva construcción, o que no cuenten con un proyecto de ejecución aprobado a la entrada en vigor de este real decreto.*
- b) *Ampliaciones y modificaciones de las líneas aéreas de alta tensión existentes.*
- c) *A las existentes, siendo obligatorias las medidas de protección contra la electrocución y voluntarias las medidas contra la colisión.*

Es decir, si la línea eléctrica de alta tensión se encuentra situada en una zona de protección ha de ser adaptada. Si la línea es de nueva construcción o se trata de una ampliación/modificación de una existente se ha de adaptar por completo, con medidas antielectrocución y anticolidión. Por otro lado, si es una línea existente que no va a ser ampliada ni modificada ha de adaptarse obligatoriamente para prevenir frente a la electrocución, siendo voluntaria la medida contra la colisión.

A efectos del RD, se entiende por zonas de protección a los territorios designados como Zonas de Especial Protección para las Aves (en adelante, ZEPA), para las zonas incluidas en los planes de recuperación y conservación para las especies de aves incluidas en el Catálogo Español de Especies Amenazadas o en los catálogos autonómicos, así como sus áreas prioritarias de reproducción, alimentación, dispersión y concentración local. A modo de resumen se muestra el siguiente mapa de ZEPA, en la Figura 4-9, elaborado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico con objeto de visualizar los distintos territorios que conforman estas zonas protegidas.

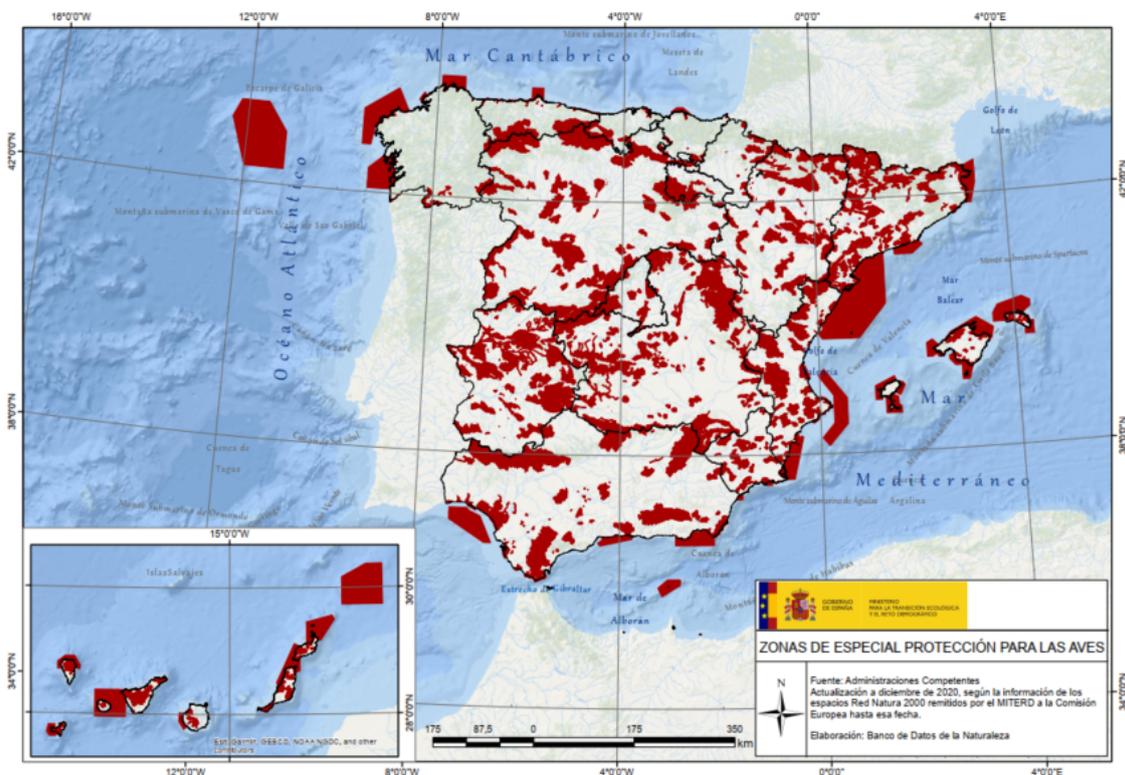


Figura 4-9. Zonas ZEPA de España

Dado que el presente trabajo se desarrolla en la zona de Andalucía, en el Anexo 1: Zonas de Especial Protección para las Aves en Andalucía se establece la lista de territorios catalogados como ZEPA de esta comunidad. En el Anexo 2: Catálogo Español de especies amenazadas se recoge el Catálogo Español de Especies Amenazadas.

4.1.3 Mantenimiento de las líneas

El Real Decreto establece que *en época de nidificación, reproducción y crianza quedan prohibidos los trabajos de mantenimiento de aquellos tendidos eléctricos que soporten nidos o que en sus proximidades nidifiquen aves que estén incluidas en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial (las cuales aparecen, en su mayoría en el anexo 2), a excepción de aquellos trabajos que tengan por objeto corregir averías que perturben el normal suministro de energía.*

4.1.4 Prescripciones técnicas

El RD establece las prescripciones técnicas a las que deben ajustarse las líneas eléctricas aéreas de alta tensión con conductores desnudos que estén incluidas en el ámbito de aplicación del presente decreto (Sección 4.1.2). Para dar claridad al texto se procede a analizar cada uno de los puntos, incidiendo en los aspectos clave y en sus definiciones.

4.1.4.1 Protección contra la electrocución

Las líneas eléctricas se clasifican según las siguientes categorías:

- Categoría especial: Tensión nominal superior a 220 kV o inferior que formen parte de la red de transporte
- 1º Categoría: Tensión nominal igual o inferior a 220 kV y superior a 66 kV
- 2º categoría: Tensión nominal igual o inferior a 66 kV y superior a 30 kV
- 3º categoría: Tensión nominal igual o inferior a 30 kV y superior a 10 kV

El RD establece que en aquellas líneas eléctricas de alta tensión de 2º y 3º categoría que se construyan con conductores desnudos, a menos que en los supuestos c) y d) tengan crucetas o apoyos de material aislante o tengan instalados disuadores de posada cuya eficacia esté reconocida por el órgano competente de la comunidad autónoma, se aplicarán las siguientes prescripciones:

- a) Las líneas se han de construir con cadenas de aisladores suspendidos evitándose en los apoyos de alineación la disposición de los mismos en posición rígida.*
- b) Los apoyos con puentes, seccionadores, fusibles, transformadores de distribución, de derivación, anclaje, amarre, especiales, fin de línea, se diseñarán de forma que se evite sobrepasar con elementos en tensión las crucetas o semicrucetas no auxiliares en los apoyos. En cualquier caso, se procederá al aislamiento de los puentes de unión entre los elementos en tensión.*

De estos dos puntos se desprende la idea de que se han de evitar montajes como el que aparece en la Figura 4-10.



Figura 4-10. Montaje con aislador rígido

En la Figura 4-10 se aprecia que un conductor desnudo sobrevuela las crucetas del apoyo mediante un aislador

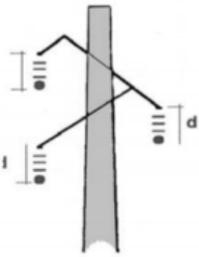
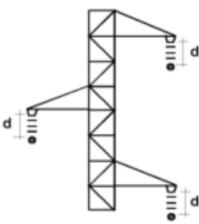
rígido. El RD pretende que la cadena de aisladores sea vertical ubicada en una de las semicrucetas de forma que el conductor desnudo no discorra por encima de la misma. El apoyo mostrado en dicha figura no cuenta con ningún tipo de protección de la avifauna.

Además del apartado b) se deduce que independientemente del tipo de cadena, todos los puentes como pueden ser los de amarre o los de unión de los cut-out con los bornes de media tensión de un transformador de intermedia han de aislarse. En el ejemplo de la Figura 4-10, para estar convenientemente adecuado a avifauna, dicho apoyo debería de tener los puentes cubiertos con material aislante (además de intentar desinstalar el aislador rígido).

- c) *En el caso del armado canadiense y tresbolillo (atirantado o plano), la distancia entre la semicruceta inferior y el conductor superior no será inferior a 1,5 metros.*

Como se comentó en la al comienzo de la Sección 4.1.4.1, “...a menos que en los supuestos c) y d) tengan crucetas o apoyos de material aislante o tengan instalados disuasores de posada...”, este supuesto c) está sujeto al eficaz aislamiento del apoyo o a la instalación de disuasores de posada.

- d) *Para crucetas o armados tipo bóveda, la distancia entre la cabeza del fuste y el conductor central no será inferior a 0,88 m y se aislará el conductor central a 1 m a cada lado del punto de enganche.*
- e) *Los diferentes armados han de cumplir unas distancias mínimas de seguridad “d” tal y como se establece en la Figura 4-11, diseñándose las alargaderas en las cadenas de amarre para evitar que se posen aves. En el caso de crucetas distintas a las especificadas, la distancia mínima aplicable será la que corresponda a la cruceta más aproximada a las presentadas en dicha figura.*

Tipo de cruceta	Distancias mínimas de seguridad en las zonas de protección
 <p style="text-align: center;">Canadiense</p>	<p>cadena en suspensión <i>d = 478 mm</i></p> <p>cadena de amarre <i>d = 600 mm</i></p>
 <p style="text-align: center;">Tresbolillo atirantado</p>	<p>cadena en suspensión <i>d = 600 mm</i></p> <p>cadena de amarre <i>d = 1000 mm</i></p>

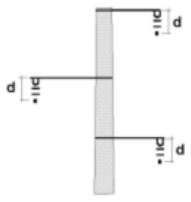
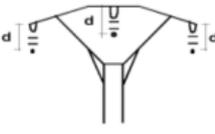
 <p style="text-align: center;">Tresbolillo plano</p>	<p>cadena en suspensión $d = 600 \text{ mm}$</p> <p>cadena de amarre $d = 1000 \text{ mm}$</p>
 <p style="text-align: center;">Bóveda</p>	<p>cadena en suspensión $d = 600 \text{ mm}$ y cable central aislado 1m a cada lado del punto de enganche.</p> <p>cadena de amarre $d = 1000 \text{ mm}$ y puente central aislado.</p>

Figura 4-11. Distancia de seguridad de las cadenas de aisladores

4.1.4.2 Protección contra la colisión

- a) *Los nuevos tendidos eléctricos se proveerán de salvapájaros o señalizadores visuales cuando así lo determine el órgano competente de la comunidad autónoma.*
- b) *Los salvapájaros o señalizadores visuales se han de colocar en los cables de tierra. Si estos últimos no existieran, se colocarán directamente sobre aquellos conductores que su diámetro sea inferior a 20 mm. Los salvapájaros o señalizadores serán de materiales opacos, dispuestos cada 10 metros (si el cable de tierra es único) o alternadamente cada 20 metros (si son dos cables de tierra o en su caso, en los conductores). En aquellos tramos más peligrosos debido a la presencia de niebla o por visibilidad limitada, el órgano competente de la comunidad autónoma podrá reducir las anteriores distancias. Los salvapájaros o señalizadores serán del siguiente tamaño mínimo:*

Espirales: Con 30 cm de diámetro x 1 metro de longitud

De 2 tiras en X: De 5 x 35 cm

En la Sección 5.2 se mostrará el esquema de la espiral, así como en la Sección 6.9.2 se mostrarán imágenes de ambas.

4.1.5 Contenido de los proyectos

- a) *Los proyectos de construcción, de modificación, ampliación o de adaptación de las líneas eléctricas, además de lo exigido por el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión, habrán de especificar y describir las medidas concretas tendentes a minimizar los accidentes de electrocución y colisión de la avifauna.*
- b) *A efectos de lo señalado en el apartado anterior, dichos proyectos contendrán al menos, los siguientes datos:*
 - a. *b.1) Descripción del trazado y plano a escala al menos 1:25.000.*
 - b. *b.2) Tipos de apoyos y armados a instalar*
 - c. *b.3) Características de los sistemas de aislamiento.*

- d. *b.4) Descripción de las instalaciones de seccionamiento, transformación e interruptores con corte en intemperie.*
- e. *b.5) Características de los dispositivos salvapájaros a instalar y la ubicación de los mismos, en su caso, así como las medidas anticolidión y las medidas anti-nidificación en las líneas*

4.2 Boletín de la Junta de Andalucía número 209, Decreto 178/2006 de 10 de octubre

El Real Decreto 1432/2008 de 29 de agosto establece las prescripciones técnicas a nivel estatal mínimas a cumplir en todo el territorio. En base a la legalidad, cada comunidad puede legislar sobre dichas disposiciones estableciendo prescripciones técnicas siempre más restrictivas en base a la fauna local. Sobre ello legisla este decreto. Nótese que desaparece la palabra “Real” del mismo pues no emana del poder ejecutivo central sino del gobierno de la comunidad autónoma. Cada comunidad establece sus prescripciones, pero dado que el presente trabajo se centrará en una zona de Andalucía se estudiará este decreto siendo extrapolable a otras regiones del estado. Es preciso comentar que en este caso el Decreto 178/2006 es anterior al RD 1432/2008, lo que no desmiente que el RD establezca los mínimos a cumplir. Es decir, si en este RD existiese alguna prescripción técnica más restrictiva que en el Decreto, siempre se toma como referencia el RD para cumplir con esos mínimos requeridos. Aspectos como el indicado se va a comentar en la Sección 4.3 en la que se establece una comparativa entre ambos decretos.

4.2.1 Objeto

El objeto de este decreto es el mismo: *Establecer las condiciones técnico-ambientales exigibles a las instalaciones eléctricas aéreas que discurran por el territorio de la Comunidad Autónoma de Andalucía, con el fin de minimizar los riesgos de mortalidad de la avifauna por electrocución y colisión con las mismas.*

4.2.2 Ámbito de aplicación

Las medidas antielectrocución serán de aplicación:

- a) *Para líneas aéreas de alta tensión de nueva construcción, ampliaciones o modificaciones de las existentes que requieran de autorización administrativa.*
- b) *Para aquellas instalaciones existentes que discurran por zonas de especial protección para las aves y por zonas de especial conservación.*

En el Anexo 3: Inventario de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía, se listan las zonas de especial conservación, extraído del artículo 2.1.d) de la Ley 2/1989 de 18 de Julio.

- c) *En cuanto a las medidas anticolidión serán de aplicación a las instalaciones aéreas de alta tensión, existentes o de nueva construcción que discurran por las zonas de especial protección para las aves, 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, los cuales se recogen en el Anexo 4: Inventario de humedales de Andalucía.*

4.2.3 Prescripciones técnicas

4.2.3.1 Protección contra la electrocución

- a) *Las líneas se habrán de construir con cadenas de aisladores suspendidos, evitándose la disposición horizontal de los mismos, excepto los apoyos de ángulo, anclaje y fin de línea.*
- b) *Los apoyos con puente, seccionadores, fusibles, transformadores, de derivación, anclaje, fin de línea, se diseñarán de forma que no se sobrepase con elementos en tensión las crucetas no auxiliares de los*

apoyos. En su defecto, se procederá al aislamiento de los puentes de unión entre los elementos en tensión mediante dispositivos de probada eficacia.

- c) *La unión entre apoyos y transformadores o seccionadores situados en tierra que se encuentren dentro de casetillas de obra, o valladas, se hará con cable seco o trenzado.*

Es decir, estas uniones se realizarán con cables aislados y no con conductores desnudos.

- d) *Los apoyos de alineación tendrán que cumplir las siguientes distancias mínimas accesibles de seguridad: Entre la zona de posada y elementos en tensión la distancia de seguridad será de 0,75 metros y entre conductores de 1,5 metros. Esta distancia podrá conseguirse aumentando la separación entre los elementos o bien mediante el aislamiento efectivo y permanente de las zonas de tensión.*

La zona de posada es cualquier zona rígida del apoyo sobre la cual el ave pueda posarse. Este decreto establece una distancia de 0,75 metros efectiva a cualquier punto en tensión. Una de las soluciones a este aspecto que se abordará en la Sección 5 consiste en limitar esta zona en la que el ave pueda posarse con distintas soluciones (por ejemplo, placas metálicas). Del mismo modo establece una distancia mínima entre conductores de 1,5 metros. La definición aportada no es una definición absoluta pues el decreto no define qué se considera zona de posada del ave. Esta aclaración es necesaria pues el entendimiento de lo que es zona de posada, se releva a un plano casi personal, de modo que organizaciones e ingenieros pueden confrontar ideas creando controversias. En la Sección 5 de este trabajo se incidirá sobre esta cuestión.

- e) *En caso de armado tresbolillo, la distancia entre la cruceta inferior y el conductor superior del mismo lado o del correspondiente puente flojo no será inferior a 1,5 metros, a menos que el conductor o el puente flojo esté aislado*
- f) *Para crucetas o armados tipo bóveda la distancia entre la cabeza del poste y el conductor central no será inferior a 0,88 metros a menos que se aisle el conductor central 1 metro a cada lado del punto de enganche.*
- g) *Los apoyos de anclaje, ángulo, derivación, fin de línea y, en general, aquellos con cadena de aisladores horizontal deberán tener una distancia mínima accesible de seguridad entre la zona de posada y los elementos en tensión de 1 metro. Esta distancia de seguridad podrá conseguirse aumentando la separación entre los elementos o bien mediante el aislamiento de las zonas de tensión*
- h) *Se instalarán preferentemente apoyos tipo tresbolillo frente a cualquier otro tipo de poste en líneas aéreas con conductos desnudo para tensiones nominales iguales o inferiores a 36 kV*

4.2.3.2 Protección contra la colisión

- a) *Las instalaciones eléctricas a las que se refiere este Decreto, estarán dotadas de salvapájaros o señalizadores visuales en los cables de tierra aéreos o en los conductores, si aquéllos no existen. En ausencia de cable de tierra aéreo se colocarán los salvapájaros en uno de los cables superiores.*
- b) *Los salvapájaros o señalizadores consistirán en espirales, tiras formando aspas u otros sistemas de probada eficacia y mínimo impacto visual realizados con materiales opacos que estarán dispuestos cada 5 metros, cuando el cable de tierra sea único, o alternadamente cada 10 metros cuando sean dos los cables de tierra paralelos, o en su caso, en los conductores.*
- c) *Se podrá prescindir de la colocación de salvapájaros en los cables de tierra cuando lleven adosado un cable de fibra óptica o similar, siempre que su sección no sea inferior a 20 mm.*

4.2.3.3 Nidificación en apoyos

- a) *No podrán realizarse trabajos de mantenimiento en las instalaciones eléctricas que afecten a apoyos que soporten nidos de especies incluidas en el catálogo andaluz de especies amenazadas (las cuales aparecen en el Anexo 2: Catálogo Español de especies amenazadas de este trabajo) durante la época de reproducción y crianza, excepto que concurra alguna de las circunstancias previstas en el artículo 9 de la Ley 8/2003, de 28 de*

octubre, en cuyo caso y por la persona titular de la Delegación Provincial en materia de medio ambiente se podrá otorgar la autorización a que se refiere el artículo 10 de la mencionada Ley.

Las excepciones recogidas en dicho artículo son las siguientes:

- I. Cuando las especies de la flora y la fauna silvestres provoquen riesgos para la salud o seguridad de las personas.
- II. Cuando puedan derivarse daños para otras especies silvestres.
- III. Para prevenir perjuicios importantes para la agricultura, la ganadería, los bosques y montes o la calidad de las aguas.
- IV. Cuando sea necesario por razones justificadas de investigación, educación, repoblación o reintroducción, o cuando se precise para la cría en cautividad orientada a los mismos fines.
- V. Para prevenir accidentes en relación con la seguridad aérea.
- VI. Para permitir, en condiciones estrictamente controladas y de un modo selectivo, la captura, retención o cualquier otra explotación prudente de determinadas especies silvestres en pequeñas cantidades y con las limitaciones precisas para garantizar su conservación.

b) No obstante y cuando de forma urgente se deba actuar para garantizar la calidad o continuidad del suministro eléctrico, y no pudiera obtenerse la previa autorización a que se refiere el apartado anterior, la persona titular de la línea eléctrica podrá realizar las labores de mantenimiento necesarias dando cuenta a la Delegación Provincial en materia de medio ambiente en el plazo de diez días

c) Para prevenir el riesgo de incendios, las afecciones al suministro eléctrico o la seguridad de las personas, la persona titular de la Delegación Provincial en materia de medio ambiente, podrá autorizar la retirada de los materiales utilizados para la construcción de nidos, cuando aún no haya comenzado la puesta o una vez finalizada la época de reproducción y crianza. Esta autorización podrá condicionarse a la construcción de plataformas portanidos.

d) Los titulares de líneas eléctricas de alta tensión podrán adoptar medidas antinidificación compatibles con la conservación de las aves.

4.2.4 Contenido de los proyectos

Los proyectos de instalaciones eléctricas afectadas por este Decreto incluirán, además de lo preceptuado en la normativa sectorial vigente en materia de autorización de instalaciones de energía eléctrica, un apartado específico donde se aporte información relativa a su adecuación a las condiciones técnico-ambientales establecidas en la presente norma, y en particular, sobre los siguientes aspectos:

a) Tipos de apoyos y armados a instalar.

b) Características de los sistemas de aislamientos.

c) Descripción de la instalación de los seccionadores, transformadores e interruptores con corte en intemperie.

d) En su caso, características de los dispositivos salvapájaros a instalar y su ubicación.

4.3 Diferencias significativas entre RD 1432/2008 y Decreto 178/06

En las secciones 4.1 y 4.2 se han presentado ambos decretos y se han analizado sus puntos más significativos. A continuación, se establece una comparativa entre ambos decretos, estableciendo sus principales diferencias.

4.3.1 Ámbito de aplicación

a) Antielectrocución:

- El RD establece que las líneas de nueva construcción, existentes o ampliaciones ubicadas en ZEPA han de ser adaptadas para prevenir frente a la electrocución de las aves.
- El Decreto 178 establece que todas las nuevas instalaciones, así como las modificaciones de las existentes han de adaptarse, independientemente de la zona en la que estén situadas. Además, establece que las existentes en zona ZEPA y en zona de especial conservación han de adaptarse, por tanto, amplía la superficie, añadiendo más zonas que las indicadas en el RD.

b) Anticolisión:

- El RD establece que para líneas situadas en ZEPA, nuevas o modificaciones de líneas existentes son obligatorias las medidas anticolisión, mientras que para las existentes son voluntarias.
- El Decreto 178 establece que en ZEPA y en zonas 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 son obligatorias las medidas anticolisión.

4.3.2 Prescripciones técnicas

4.3.2.1 Protección contra la electrocución

- El RD exige el aislamiento de los puentes de unión entre los elementos en tensión sin excepciones. En este caso, el Decreto 178 solo especifica que se han de aislar cuando algún elemento supere la cruceta superior y no sea posible su modificación.
- El Decreto 178 especifica que la unión entre apoyos y transformadores de interior (en casetilla) se han de realizar con cable seco o trenzado.
- El Decreto 178 especifica que para apoyos de alineación (de todo tipo, independientemente del armado), la distancia entre conductores ha de ser de 1,5 metros y entre la zona de posada y elementos en tensión la distancia de seguridad será de 0,75 metros. Te permite rebajar estas distancias mediante un aislamiento efectivo de las zonas de tensión.
- El RD establece una distancias mínimas de seguridad (Figura 4-11) para las cadenas de aisladores. El Decreto 178, por el contrario, establece un listado de apoyos (anclaje, ángulo, derivación, etc.) y establece una distancia de seguridad mínima de 1 metro entre la zona de posada y los elementos en tensión, permitiendo el aislamiento de las zonas en tensión.
- Finalmente, el Decreto 178 establece una preferencia por los apoyos tipo tresbolillo para tensiones iguales o inferior a 36 kV.

4.3.2.2 Protección contra la colisión

La principal diferencia radica en las distancias de los dispositivos: El RD establece que los salvapájaros o señalizadores serán de materiales opacos, dispuestos cada 10 metros (si el cable de tierra es único) o alternadamente cada 20 metros (si son dos cables de tierra o en su caso, en los conductores) y en el caso del decreto de la comunidad de Andalucía, estas distancias son exactamente la mitad (5 y 10 metros respectivamente). Por tanto, en este ámbito el Decreto 178 resulta más restrictivo.

4.3.2.3 Contenido de los proyectos y nidificación en apoyos

Ambos artículos en sus respectivos decretos son muy parecidos. En cuanto al contenido de los proyectos, el RD es un poco más completo, obligando a incluir una descripción del trazado y plano a escala, así como las características de las antielectrocución. En cuanto a la nidificación en apoyos, el Decreto 178 permite adoptar medidas antinidificación compatibles con la conservación de las aves, sin especificar ningún tipo de medida.

4.4 Resumen: Prescripciones técnicas para una línea de alta tensión con conductores desnudos nueva o existente en la Comunidad de Andalucía

Ante la discrepancia en distintos puntos entre ambos decretos, se muestra a continuación un resumen de las características más importantes que han de cumplir las líneas eléctricas en la Comunidad Autónoma de Andalucía.

- Son obligatorias las medidas antielectrocución para las líneas nuevas, modificación o ampliación de las existentes o para las existentes ubicadas en ZEPA o en espacios naturales protegidos de Andalucía. Las medidas anticolidión son obligatorias en líneas existentes, modificaciones o de nueva construcción situadas en ZEPA, así como en un radio de dos kilómetros, alrededor de las líneas de máxima crecida de los humedales.
- Se han de evitar los aisladores rígidos y la disposición horizontal de los aisladores suspendidos a excepción de los apoyos de ángulo, anclaje o fin de línea. Además, se han de evitar que ningún elemento en tensión sobrepase las crucetas o semicrucetas no auxiliares en los apoyos.
- Se han de aislar todos los puentes, en apoyos de amarre, ángulo, con centro de transformación intemperie, etc.
- En caso de armado tresbolillo (atirantado o plano) o canadiense, la distancia entre la semicruceta inferior y el conductor superior ha de ser de 1,5 metros, salvo que tengan crucetas o apoyos de material aislante o disuasores de posada.
- Para armados tipo bóveda, la distancia entre la cabeza del fuste y el conductor central, no será inferior a 0,88 metros o se aislará el conductor central 1 metro a cada lado del punto de enganche, salvo que tengan crucetas o apoyos de material aislante o disuasores de posada.
- Se han de cumplir las distancias mínimas de seguridad que se establecen en la figura Figura 4-11.
- La unión entre apoyos y transformadores de interior (en casetilla) se han de realizar con cable seco o trenzado.
- Los apoyos de alineación tendrán que cumplir que entre la zona de posada y elementos en tensión la distancia de seguridad será de 0,75 metros y entre conductores 1,5 metros, pudiendo suplir esta distancia mediante el aislamiento efectivo de los elementos en tensión.
- Los apoyos de anclaje, ángulo, derivación, fin de línea y, en general, aquellos con cadenas de aisladores horizontal deberán tener una distancia mínima accesible de seguridad entre la zona de posada y los elementos en tensión de 1 metro. Se podrá suplir esta distancia mediante el aislamiento de las zonas en tensión.
- Los salvapájaros estarán instalados cada 5 metros, cuando el cable de tierra sea único, o alternadamente cada 10 metros cuando sean dos los cables de tierra paralelos, o en su caso, en los conductores.

4.5 BOJA: Resolución de 20 de noviembre de 2019

Esta resolución constituye el eje central del presente trabajo. Para entender el origen de los proyectos de adecuación de protección de la avifauna de las líneas existentes, hay que llegar hasta esta Resolución. Por tanto, a modo de resumen y de forma esquemática se establecen los siguientes acontecimientos:

1. Andalucía publica el Decreto 178/2006 de 10 de octubre. A los 5 años de la publicación de este decreto todas las líneas aéreas incluidas en el ámbito de aplicación (es decir las nuevas líneas, modificaciones y las zonas de especial protección para las aves y por zonas de especial conservación) debían estar adaptadas. Para ello el gobierno liberaría los fondos necesarios para la adaptación de las líneas.
2. Posteriormente, el Real Decreto 1432/2008 de 29 de agosto establecía las medidas de anticolidión y antielectrocución de las líneas eléctricas de alta tensión y establecía las zonas de protección de aves (ZEPA), que en su mayoría solapaban el ámbito de actuación del decreto 178/2006.

3. Este decreto derivó en la Resolución de 18 de Julio de 2013 donde se listaban aquellas líneas de alta tensión que no cumplían con las prescripciones de dicho Decreto de acuerdo a las zonas en las que estaban instaladas. Probablemente motivado por el estado de crisis mundial y española acontecido durante los años 2008 – 2014, no se liberaron los fondos suficientes para acometer la adaptación de las líneas eléctricas.
4. Siendo necesaria la adaptación desde entonces de las líneas eléctricas que no cumplen con estos decretos, se publica la resolución del 20 de noviembre de 2019 en la que se actualiza la resolución de 18 de Julio de 2013 y se exige la presentación en el plazo de un año (es decir, 2020 y luego prorrogado hasta 2021) los proyectos de adaptación de las líneas que no cumplan con las prescripciones técnicas ya expuestas. En este trabajo se realizará el análisis técnico – económico y desarrollo de uno de los puntos clave de uno de estos proyectos para una línea de alta tensión existente.

5 PROTECCIÓN DE LA AVIFAUNA. SOLUCIONES

En el presente capítulo se tratarán principalmente las soluciones aplicadas a líneas aéreas de alta tensión existentes de 2º y 3º categoría comunes en Andalucía. Las líneas eléctricas de nueva construcción han de diseñarse de acuerdo a lo establecido en el RD 1432 / 2008 (y en el caso de Andalucía en el decreto 178 / 2006), pudiéndose aplicar las soluciones que se desarrollarán a continuación desde el punto de vista del diseño de la línea para mantener a la misma dentro del marco legal.

5.1 Protección frente a la electrocución

Las cuatro reglas básicas para corregir un apoyo eléctrico existente son [9]:

- Reubicar: De acuerdo a lo establecido en el RD 1432 / 2008, elementos en tensión como seccionadores, puentes flojos etc., se tratarán de reubicar a posiciones por debajo de la cruceta principal.
- Modificar: Cuando la reubicación no sea posible se estudiará la viabilidad de cambiar el tipo de cruceta a una más apropiado.
- Alejar: De acuerdo a la Figura 4-11, las cadenas de amarre y suspensión deberán cumplir con unas distancias mínimas de separación entre el punto en tensión y la zona de posada. Esto se puede conseguir aumentando el número de aisladores, empleando herrajes de mayor longitud o alargaderas etc.
- Aislar: Existen multitud de situaciones en las que no es posible alejar los elementos en tensión de la zona de posada. Por ello el reglamento contempla la posibilidad de aislar de forma efectiva dichos elementos.

A raíz de estos 4 principios, se desarrollarán distintas soluciones a distintas configuraciones que usualmente se pueden dar en la práctica, mostrando para cada caso los esquemas que se han considerado apropiados para la visualización de las medidas explicadas. Las figuras explicativas son obra del autor de este texto, realizadas con AutoCAD.

5.1.1 Apoyos de alineación y elementos disuasores de posada

Suponiendo apoyos de tipo tresbolillo, por ser el preferente de acuerdo al reglamento y uno de los más abundantes en Andalucía, se deben de cumplir las distancias de seguridad indicadas en la Figura 5-12 para evitar tener que modificar el apoyo o adaptarlo.

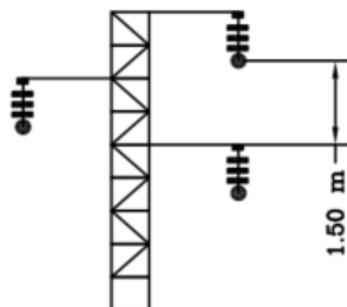


Figura 5-12. Apoyo de alineación

Se va a suponer una disposición como la mostrada en la Figura 5-13, basándose en que este apoyo se instaló antes de la entrada en vigor del Decreto 178/2006.

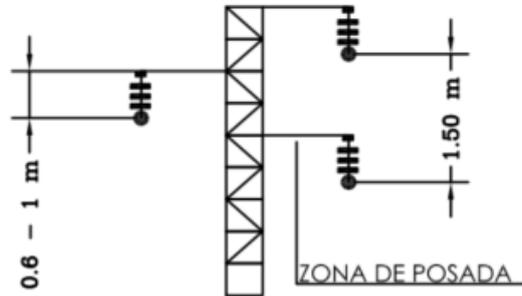


Figura 5-13. Apoyo de alineación con distancias reducidas

Esta disposición no cumple con el reglamento ya que exige una distancia de 1,5 metros entre la semicruceta inferior y el conductor superior. Además, tampoco cumple como apoyo de alineación ya que la distancia entre la zona de posada y el conductor superior (es decir, el elemento en tensión) es inferior a 0,75 m. Ante una circunstancia como esta y la imposibilidad técnica que se puede dar en la práctica para aumentar la distancia entre los conductores de acuerdo a la Figura 5-12 o el cambio del tipo de cruceta, la solución más adecuada es aislar los distintos elementos en tensión, siendo obligatoria el conductor y aislador de la semicruceta superior derecha.

En este estudio (y los sucesivos) se van a obviar los elementos antiposada como pueden ser los pinchos, placas metálicas o paraguas (Figura 5-14), ya que las distintas organizaciones ambientales y de conservación de avifauna desaconsejan su uso. Además, aludiendo al reglamento, no se puede garantizar que la distancia de posada aumente o sea eliminada con estos dispositivos ya que lo deja a criterio del órgano competente de la comunidad autónoma.

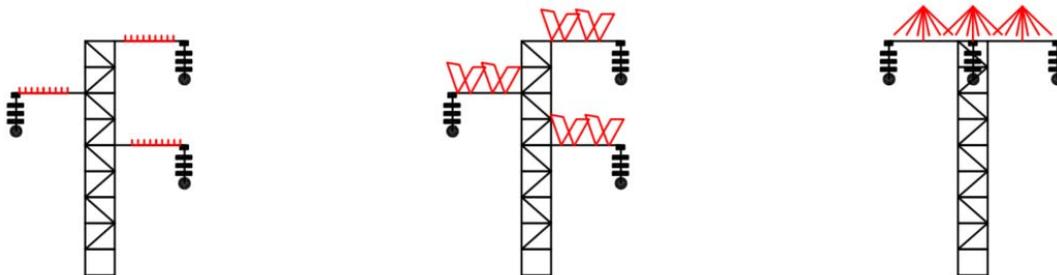


Figura 5-14. Elementos disuasores de posada

5.1.2 Apoyos de amarre

Nuevamente, aparece la dificultad a la hora de discernir entre lo que es zona de posada y lo que no. El reglamento establece: *Los apoyos de anclaje, ángulo, derivación, fin de línea y, en general, aquellos con cadenas de aisladores horizontal deberán tener una distancia mínima accesible de seguridad entre la zona de posada y los elementos en tensión de 1 metro. Se podrá suplir esta distancia mediante el aislamiento de las zonas en tensión.* Se puede prever que el ave pueda posarse sobre los aisladores, los cuales están en disposición horizontal. Por ello, en la práctica se recurre al aislamiento efectivo de la grapa de amarre para evitar la electrocución del ave, así como los puentes y 1 metro de conductor a cada lado del amarre para cumplir con las distancias de seguridad

y las prescripciones técnicas que indica el reglamento, tal y como se muestra en la Figura 5-15.

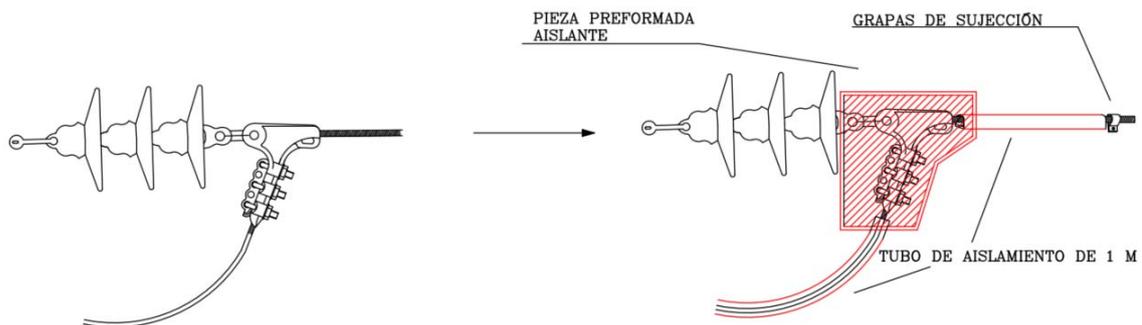


Figura 5-15. Adaptación de cadena de amarre

La norma también contempla la instalación de alargaderas para salvar la distancia de 1 metro a elementos en tensión. Sobre este dispositivo se habla en la Sección 5.1.4.

5.1.3 Apoyos con centro de transformación

Usualmente, un apoyo con un centro de transformación (en adelante se usará indistintamente centro de transformación o CT) intemperie consta de los siguientes elementos: Autoválvulas, cut-out y transformador de intemperie. Los apoyos suelen ser de tipo montaje cero.

En primer lugar, existen configuraciones en las que las autoválvulas se colocan encima de la cruceta del apoyo, como se muestra en la siguiente Figura 5-16.

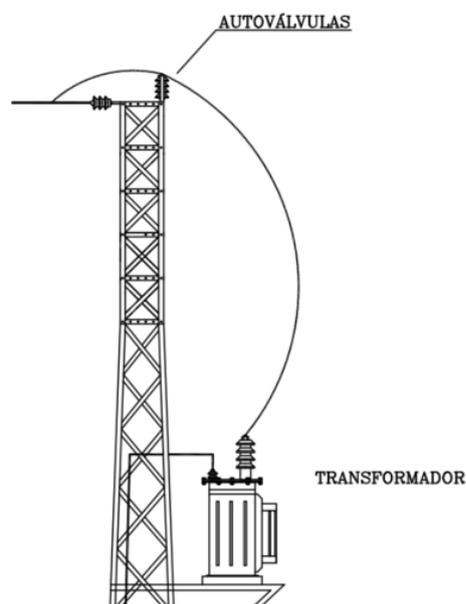


Figura 5-16. Apoyo con CT de intemperie y autoválvulas sobre cruceta superior

La solución que se propone es la reinstalación de las autoválvulas sobre la carcasa del CT, de modo que ningún elemento quede por encima de la cruceta. Además, en la siguiente imagen se muestra el centro completo junto con un equipo de protección, el cut-out o fusible – seccionador. Este elemento se puede encontrar sobre la cruceta principal, pero al igual que las autoválvulas, no es aconsejable por lo que se ha de instalar o reubicar por debajo de la cruceta principal sobre un travesaño inferior tal y como se muestra a continuación en la Figura 5-17.

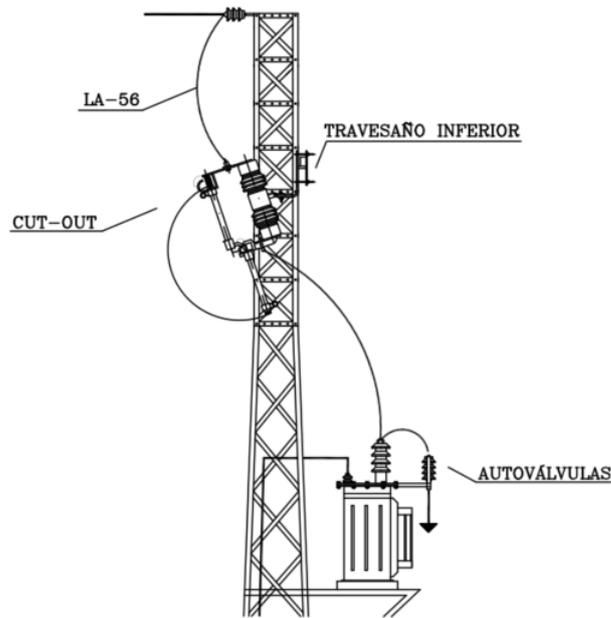


Figura 5-17. Apoyo con CT intertempere completo sin adaptación para la avifauna

Finalmente, una vez dispuestos y reubicados los elementos se han de aislar eficazmente, todos los puentes, autoválvulas, bornes del transformador y cut-out. La norma no especifica en ningún apartado que el cut-out o los bornes del transformador tengan que ser adaptados, pero si establece lo siguiente: “*Los apoyos de anclaje, ángulo, derivación, fin de línea y, en general, aquellos con cadenas de aisladores horizontal deberán tener una distancia mínima accesible de seguridad entre la zona de posada y los elementos en tensión de 1 metro. Se podrá suplir esta distancia mediante el aislamiento de las zonas en tensión*”. Se especifica que, en este tipo de apoyos, la distancia desde la zona de posada a cualquier elemento en tensión ha de ser de 1 metro y en caso de no poder suplir esta distancia se han de aislar los elementos en tensión. Zona de posada puede ser la cruceta, el mismo cut-out o los puentes del transformador, por ello se opta por una adaptación completa del apoyo y sus componentes. Este análisis será extrapolable para muchas otras soluciones que se indicaran a continuación. Además, tal y como indica el Decreto 178/2006 de 10 de octubre, la salida del transformador ha de realizarse con cable seco o trenzado. La adaptación se muestra en la Figura 5-18.

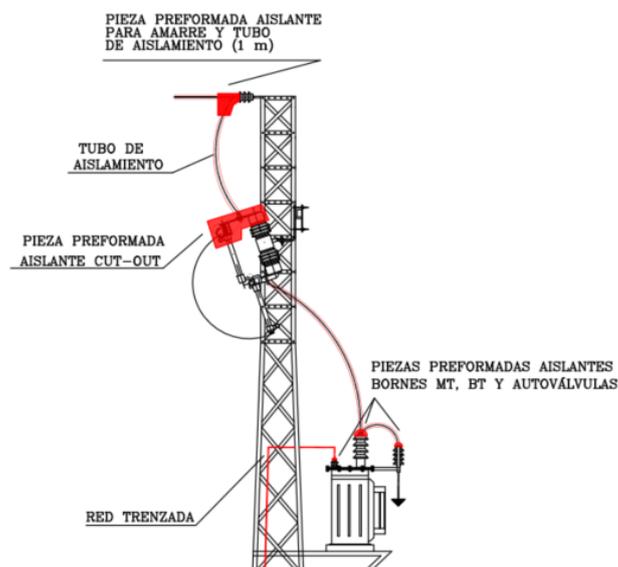


Figura 5-18. Apoyo con CT intertempere completo con adaptación para la avifauna

Cabe mencionar que el conductor a tierra de las autoválvulas no es preciso aislarlo puesto que en condiciones normales no va a tener tensión.

5.1.4 Apoyos con aisladores rígidos

Este tipo de montaje es común en los montajes tipo cero de amarre. Antaño, para el puente central, se solían colocar aisladores rígidos por encima de la cruceta como se muestra en la siguiente Figura 5-19, en la que, por claridad, se muestra tanto el alzado como el perfil:

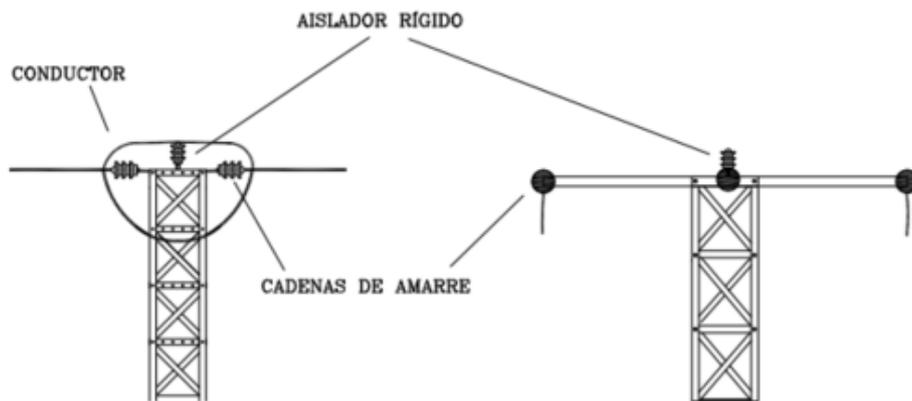


Figura 5-19. Apoyo con aislador rígido

Como solución propuesta, se eliminará el aislador rígido, sustituyéndolo por cadenas de suspensión vertical, como preferentemente destaca el reglamento, siempre de acuerdo a las distancias de seguridad que se establecen en la ITC-LAT- 07 sobre líneas aéreas. Si no fuese posible, se procedería al aislamiento efectivo del aislador rígido, pero esta solución es menos elegante. En la siguiente Figura 5-20 se muestra el cambio de aislador por uno de suspensión. Por claridad de la representación se incluye una vista isométrica del apoyo (Figura 5-21).

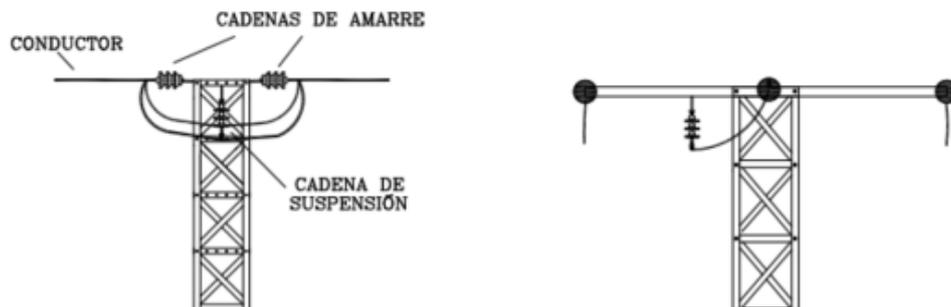


Figura 5-20. Apoyo con aislador rígido sustituido por alineación

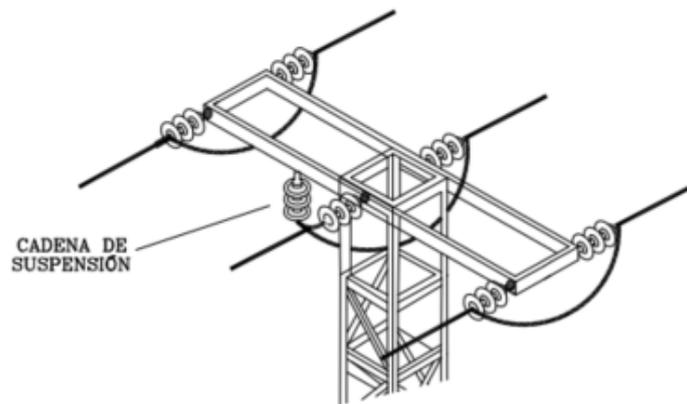


Figura 5-21. Vista isométrica del apoyo con aislador rígido sustituido por cadena de suspensión

Finalmente, se propone el aislamiento de todos los puentes, cadenas y un metro de conductor tanto de entrada como de salida del amarre para salvar la distancia de 1 metro a elementos en tensión. Se prefiere esta solución a otras como la instalación de alargaderas. El autor de este trabajo ha podido acceder al testimonio de instaladores que alguna vez han instalado estos dispositivos y todos coinciden en la dificultad de su instalación ya que hay que mantener el tense, anclar eficazmente los dispositivos, etc. Otro motivo de esta preferencia es, nuevamente, la zona de posada. En la siguiente Figura 5-22, la zona indicada, según la comunidad en la que se encuentre, se puede considerar o no como zona de posada, de modo que habría que aislar de igual modo el conductor derivando en más costes.

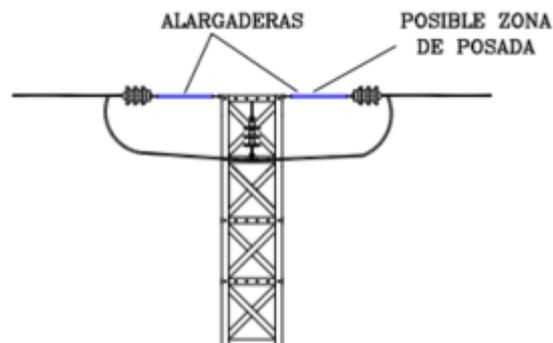


Figura 5-22. Apoyo de amarre con alargaderas

Para evitar problemas legales o interpretaciones diversas de la norma, es preferible el aislamiento efectivo de los distintos componentes, tal y como se muestra en la siguiente Figura 5-23.

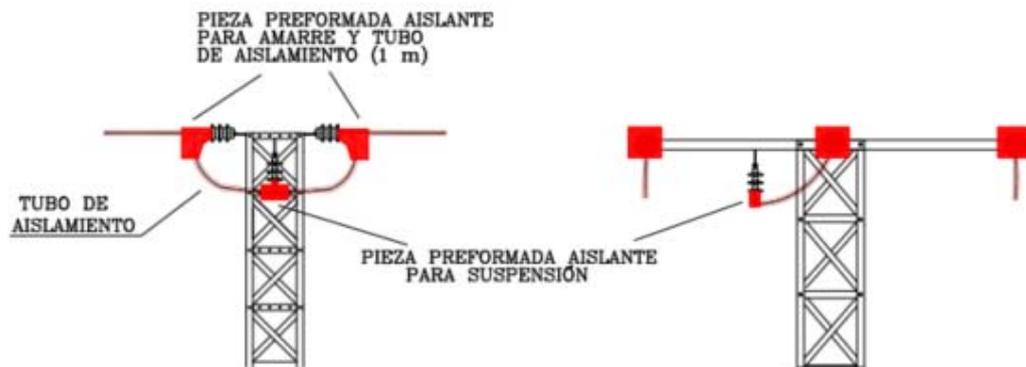


Figura 5-23. Adecuación de apoyo de amarre con cadena de suspensión para el puente central

Es posible encontrar aisladores rígidos con otras configuraciones y tipos de armado. En cualquier caso, la solución aquí mostrada se considera suficiente para su posible extrapolación a otros tipos de montaje.

5.1.5 Apoyos con seccionadores tripolares

Nuevamente, para montajes cero que preceden a un centro de transformación o a continuación de un apoyo de entronque o derivación, o en diversos apoyos de líneas aéreas muy largas u otros casos menos usuales en la práctica, se suelen encontrar disposiciones en las que los seccionadores tripolares se encuentran por encima de la cruceta. En el siguiente esquema (Figura 5-24), no se han representado las conexiones con el seccionador por claridad, pero se ofrece una vista de la planta del mismo.

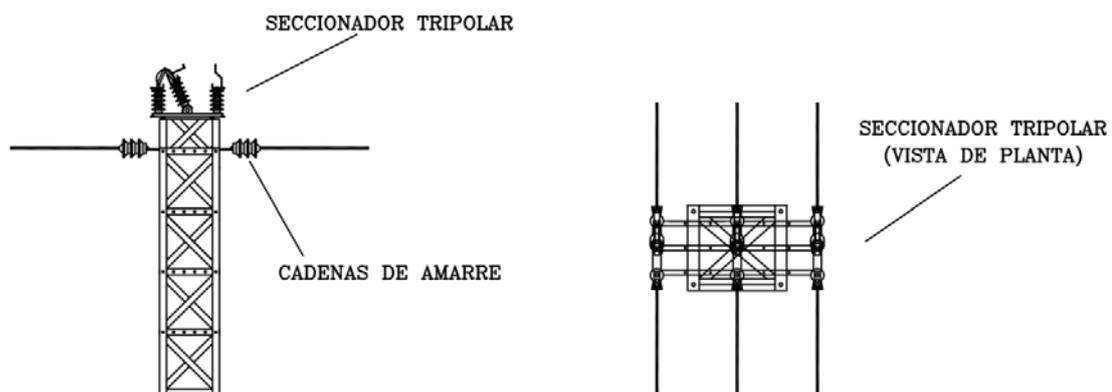


Figura 5-24. Apoyo en montaje cero con seccionador tripolar en cabeza

Esta configuración presenta muchos problemas. En primer lugar, están por encima de la cruceta principal, lo cual siempre ha de evitarse. Por otro lado, y a diferencia de otras configuraciones que se han presentado anteriormente, hablamos de un equipo con muchas conexiones en las que las probabilidades de electrocución de un ave son mucho más elevadas incluso tras su aislamiento. Finalmente, estos dispositivos presentan el defecto de que con la falta de uso quedaban atascados (en las tres cuchillas) e inservibles para este servicio, mientras que la durabilidad de otros elementos como los seccionadores unipolares es mayor. Por ello, se ofrecen dos soluciones a este problema. Ambas pasan por desmontar el seccionador tripolar para que deje de ser predominante con respecto a la cruceta principal.

En primer lugar, se puede sustituir este seccionador tripolar por otro que permita la instalación sobre fuste, instalándolo por debajo de la cruceta principal. El problema es que se trata de un equipo costoso, tanto desde el

punto de vista del coste individual del equipo como el de su futura adecuación a avifauna, ya que deben aislarse todos los puentes, los bornes etc.

Por ello en este texto, se recomienda como solución, siendo también una de las más empleadas en la práctica, la sustitución del seccionador tripolar en cabeza por un conjunto de tres seccionadores unipolares (en adelante se empleará indistintamente seccionador unipolar o SU), uno para cada fase. El coste tanto por componentes como por funcionalidad, que ofrece las mismas prestaciones, es mucho menor, además de una mayor facilidad de mantenimiento. El resultado de la transformación, se muestra en la Figura 5-25.

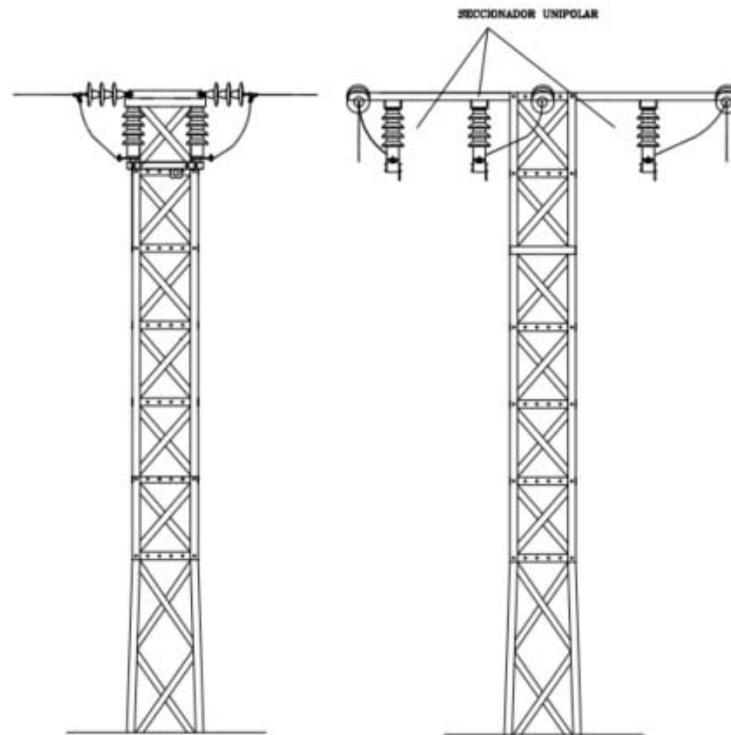


Figura 5-25. Apoyo en montaje cero con tres seccionadores unipolares

Es posible también cambiar el tipo de cruceta para acometer el cambio de seccionadores. Se muestra a continuación un esquema de la instalación de un apoyo tipo tresbolillo atirantado con tres seccionadores unipolares (Figura 5-26Figura 5-13).

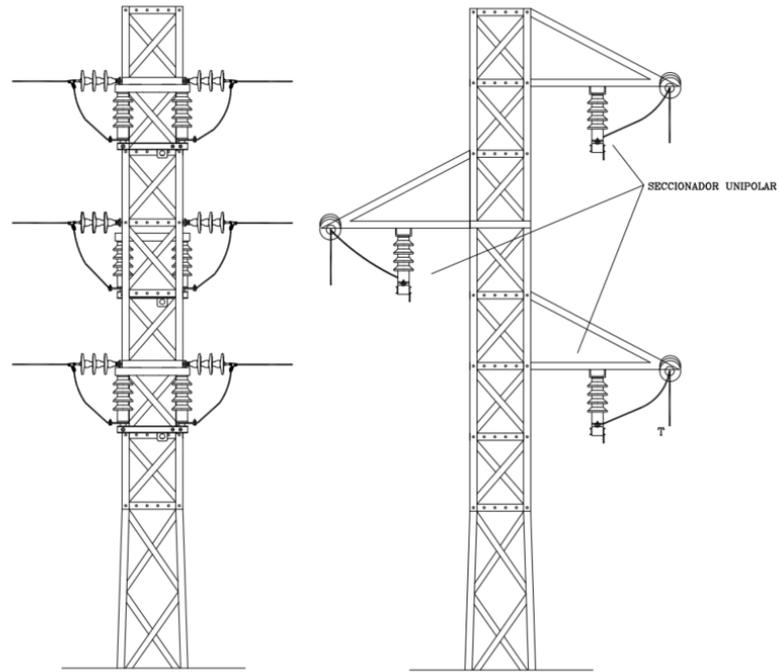


Figura 5-26. Apoyo en montaje tresbolillo atirantado con tres seccionadores unipolares

Para proteger efectivamente contra la electrocución, se han de aislar los puentes, 1 metro de conductor y los seccionadores unipolares, ya que el hueco de estos (en el montaje tresbolillo) puede ser considerado como zona de posada, resultando un análisis parecido al realizado en el apartado 5.1.3. El resultado es el mostrado en las siguientes Figura 5-27 y Figura 5-28.

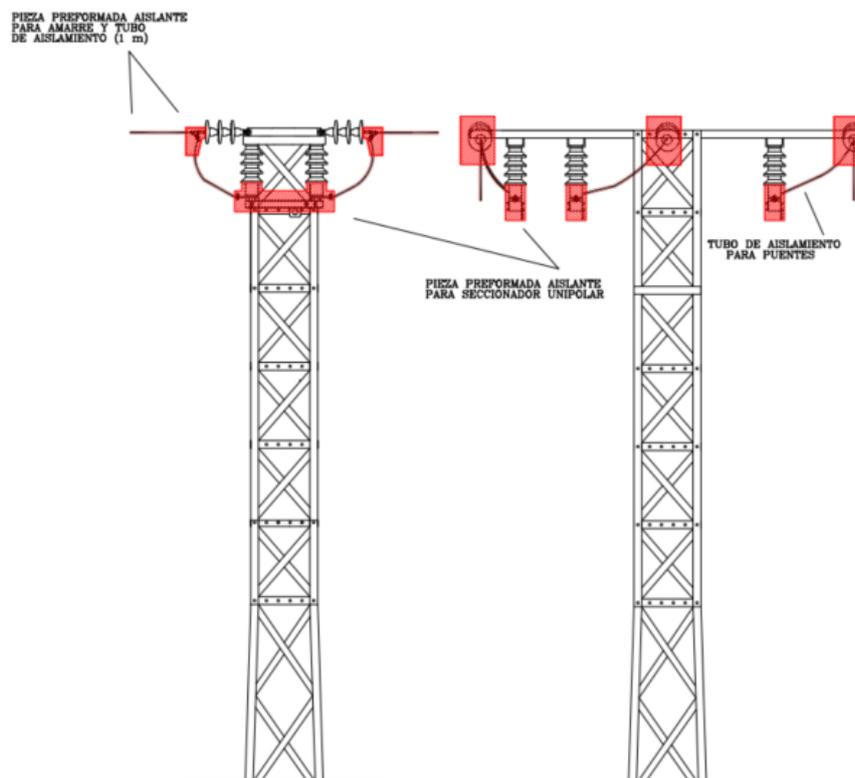


Figura 5-27. Adecuación de apoyo en montaje cero con 3 SU

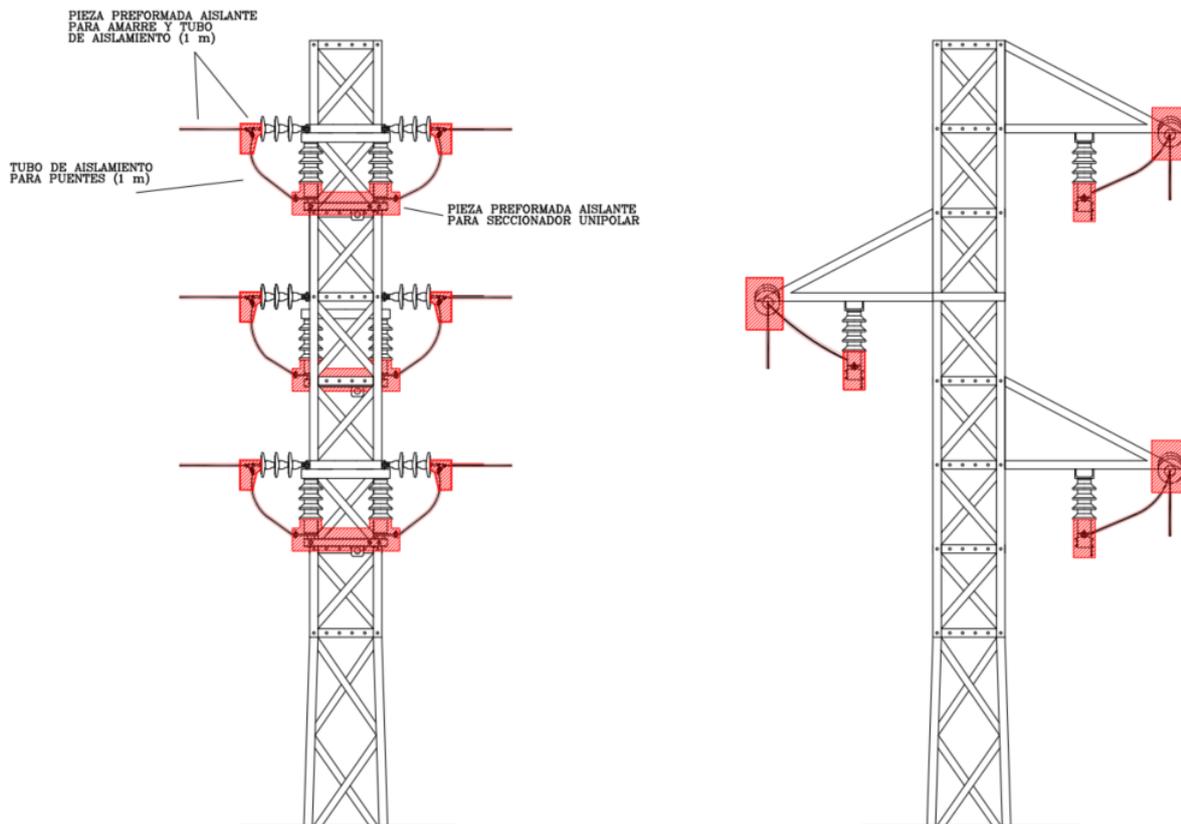


Figura 5-28. Adecuación de apoyo tresbolillo atirantado con 3 SU

5.1.6 Apoyos de alineación con aisladores rígidos

Este tipo de montaje, casi extinguido, se puede encontrar por zonas rurales principalmente, pero por los mismos motivos explicados para el caso del puente con aislador rígido, esta configuración no es recomendable. Se muestran dos ejemplos de configuraciones típicas en la siguiente Figura 5-29:

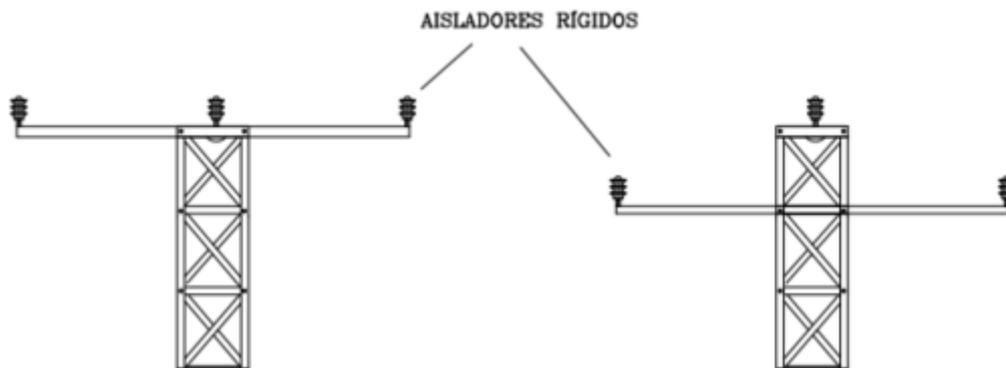


Figura 5-29. Apoyos de alineación con aisladores rígidos

En este caso, se puede considerar la posibilidad de cambiar el armado completo. Por ejemplo, podría sustituirse por una cruceta de tipo bóveda, instalada con cadenas de suspensión (Figura 5-30):

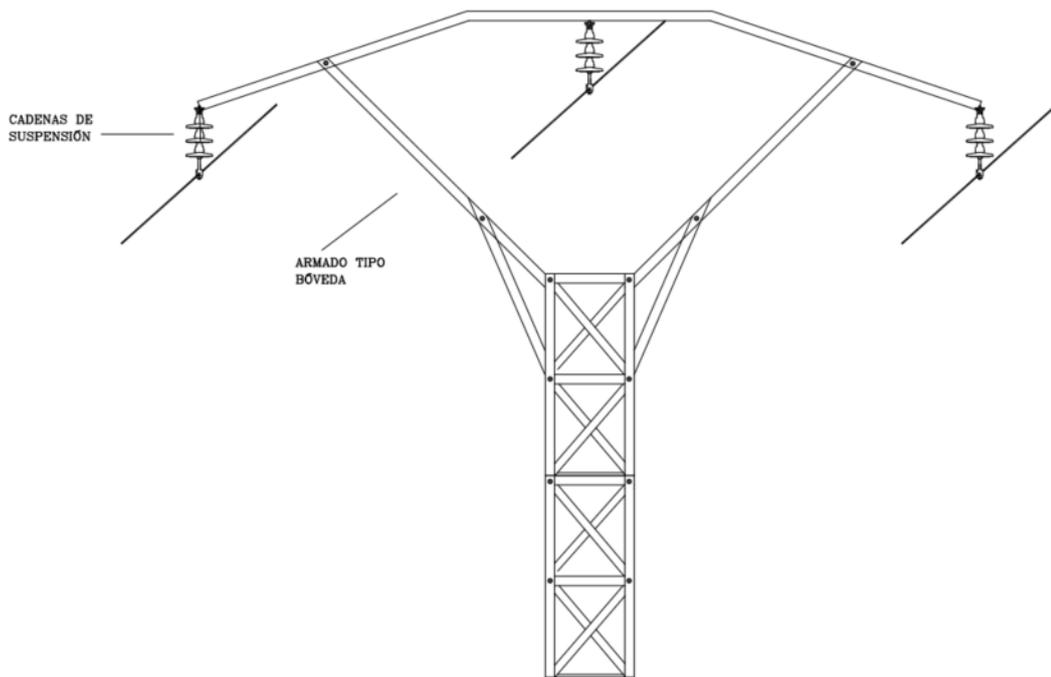


Figura 5-30. Apoyo tipo bóveda con cadenas de suspensión

En cuanto a su adecuación, tal y como indica el reglamento y según las distancias de seguridad, es conveniente aislar el conductor intermedio de forma efectiva (Figura 5-31):

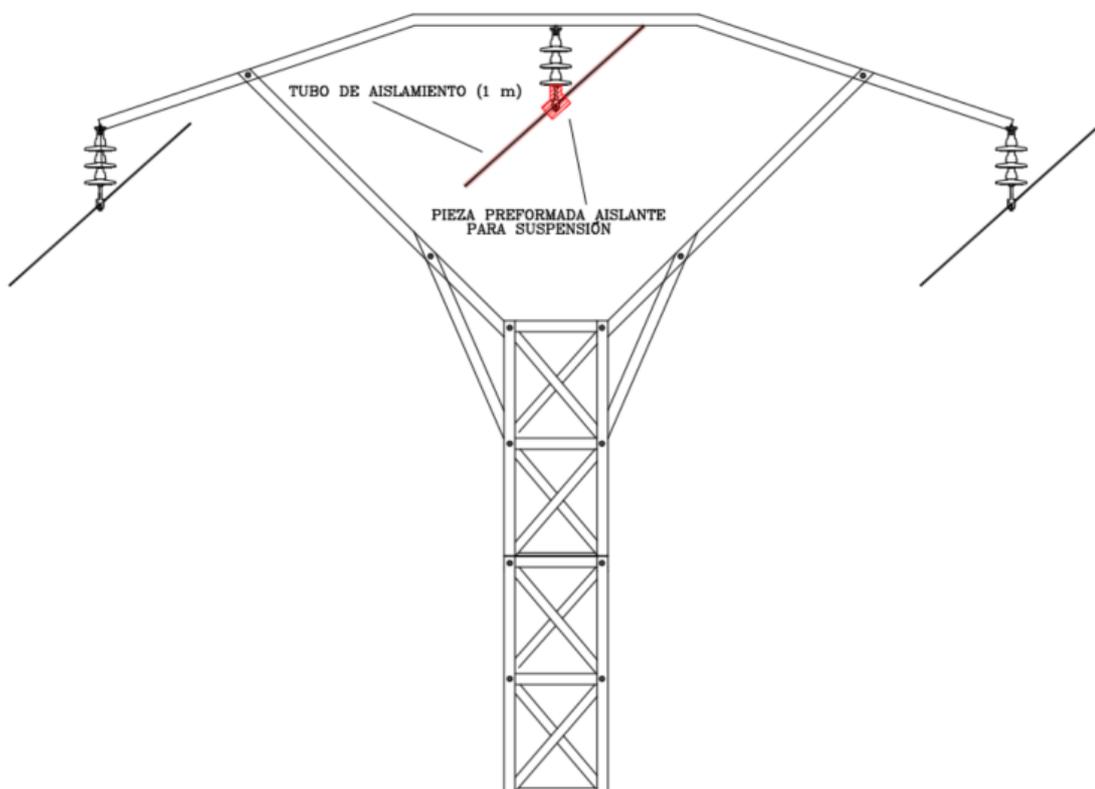


Figura 5-31. Apoyo tipo bóveda con cadenas de suspensión y aislamiento de la fase central

También es común encontrarse las 3 fases aisladas según indicaciones de las autoridades pertinentes o criterios de la distribuidora (Figura 5-32):

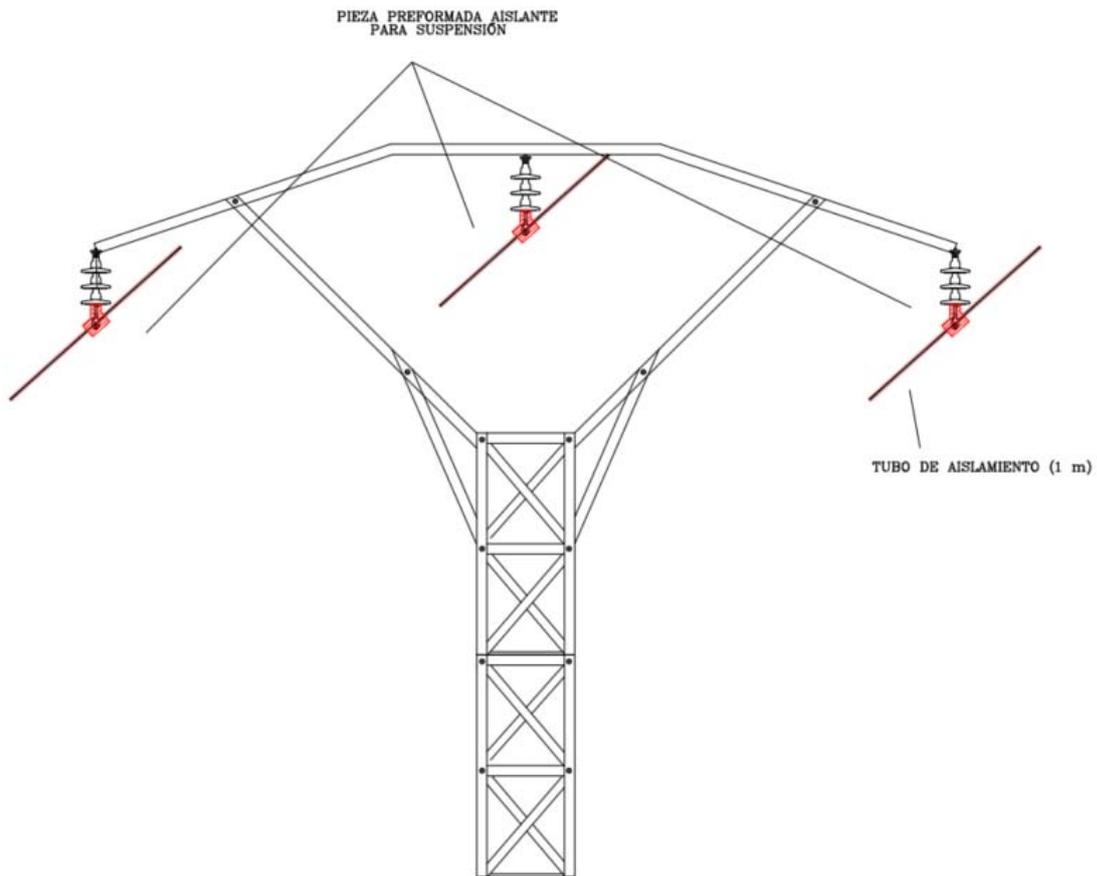


Figura 5-32. Apoyo tipo bóveda con cadenas de suspensión y aislamiento de las tres fases

5.1.7 Apoyos de paso aéreo a subterráneo

En los pasos aéreo subterráneo, en muchos casos, es posible encontrarse con seccionadores unipolares, autoválvulas y botellas terminales o terminales de cable, tal y como se muestra en la siguiente Figura 5-33.

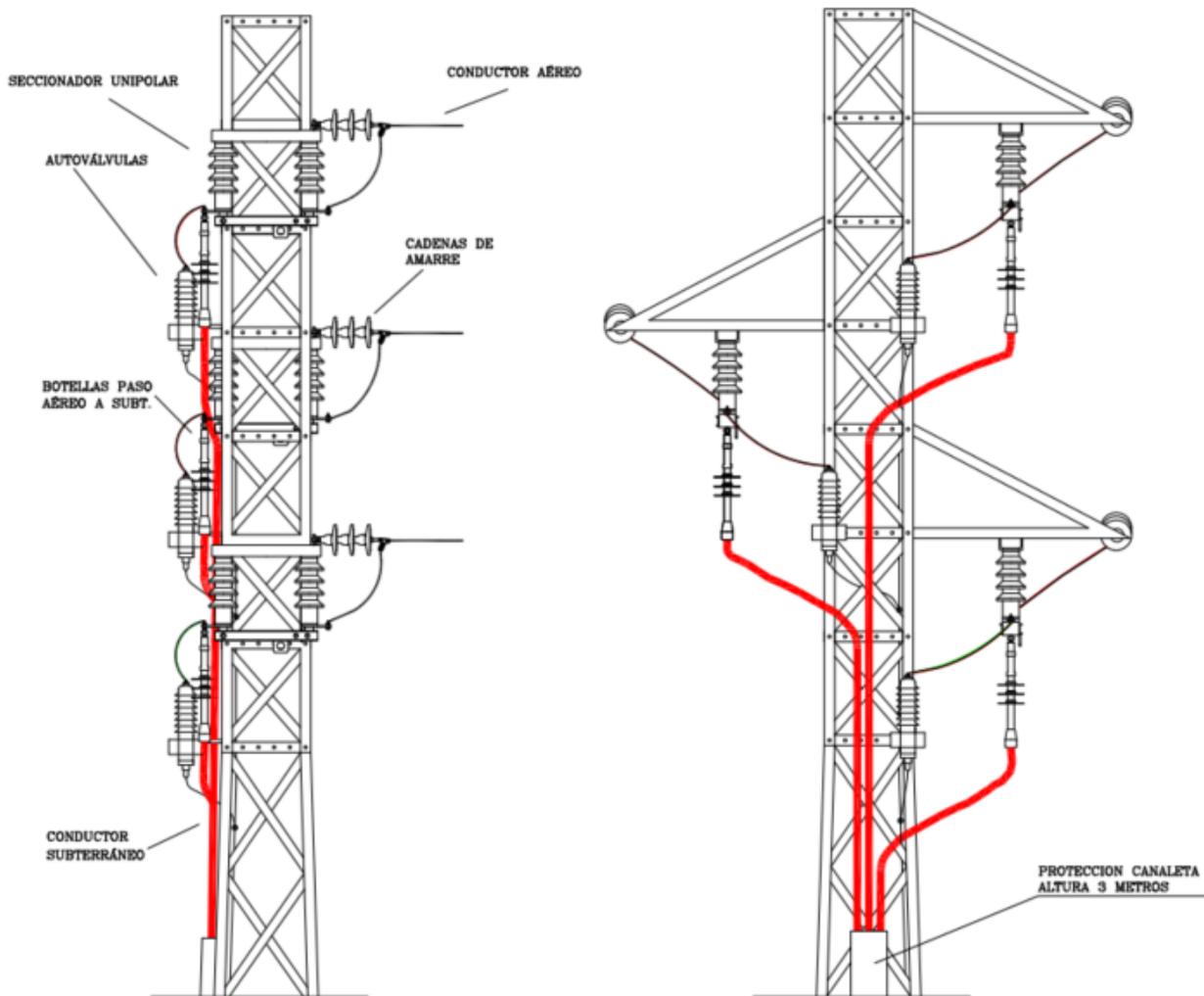


Figura 5-33. Apoyo de paso aéreo a subterráneo

En este caso, no queda otra opción más que aislar todos los componentes para garantizar la seguridad del ave, ya que se puede considerar zona de posada cualquier terminal de la cara en la que se produce el cambio de aéreo a subterráneo y el reglamento no especifica las actuaciones a acometer en este tipo de apoyos (a excepción de todos los puentes y cadenas de amarre que si considera su aislamiento). En la Figura 5-34 se muestra la adaptación propuesta:

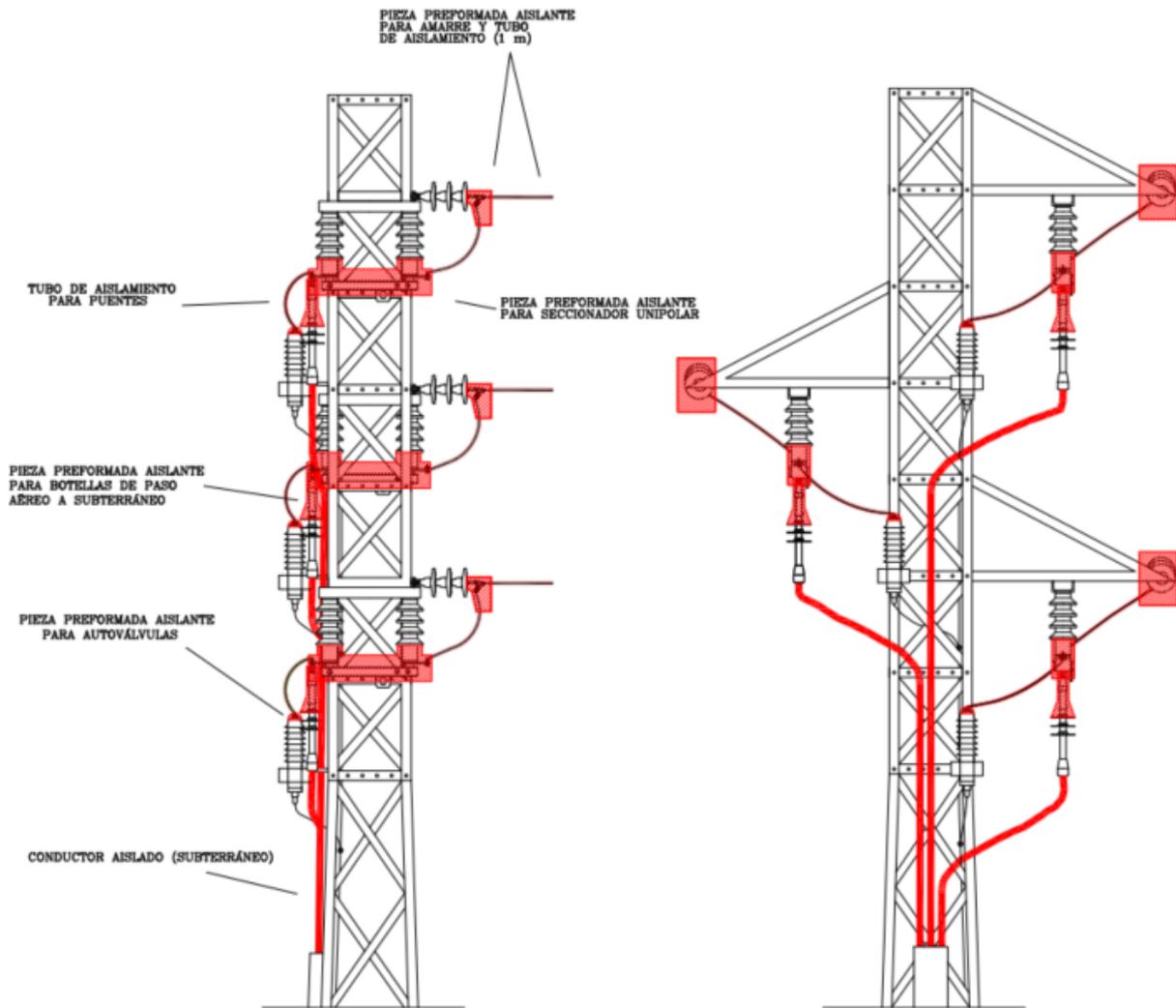


Figura 5-34. Adaptación de apoyo con paso aéreo a subterráneo

5.1.8 Corolario

Se han abarcado multitud de posibilidades de modificación y adaptación de las líneas existentes para proteger a las aves frente a contactos o, dicho de otro modo, de la electrocución. Igualmente, pueden existir configuraciones no mencionadas en el presente documento, pero se han ofrecido una serie de situaciones que pueden ser extrapolables al resto de circunstancias imaginables. Además, se destaca que, de las cuatro reglas básicas existentes para corregir un apoyo, modificar y alejar, son soluciones que se dan con menor frecuencia, principalmente por la dificultad técnica y/o económica que resultan, siendo la reubicación y el aislamiento de elementos y apoyos más atractivas.

Por último, es conveniente recordar que se han aportado soluciones para la corrección de apoyos ya existentes, pero, si se trata de apoyos nuevos basta con evitar los montajes vistos en esta sección y ceñirse a la normativa desarrollada en el Capítulo 4.

5.2 Protección frente a la colisión

Para la protección frente a la colisión, el dispositivo más empleado y recogido en el Real Decreto 1432 / 2008 son las espirales (Figura 5-35).

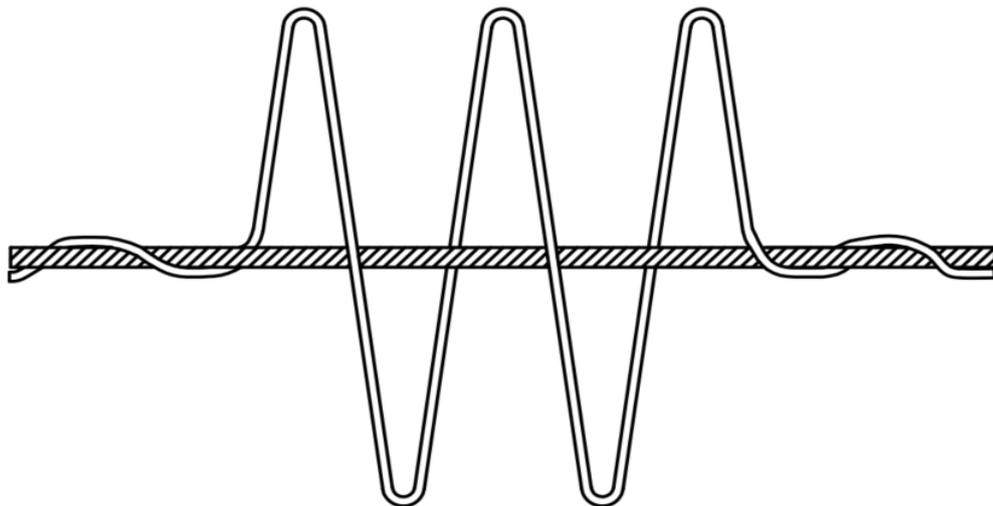


Figura 5-35. Dispositivo de anticollisión: Espiral

Este dispositivo, que asemeja a una serpiente que busca cazar un ave, consigue que ésta la detecte y evite el impacto con el cable, además de impedir que el ave decida posarse sobre el conductor, previniendo como se comentó en el Capítulo 3 de los cortocircuitos bifásicos y/o trifásicos. Las distancias son las especificadas en el reglamento. Para el caso de que no existan cables de tierra, el reglamento andaluz dice que han de ponerse cada 10 metros alternadamente. Entendiendo que son 3 conductores, se interpreta que han de ir cada 5 metros una a continuación de la otra, pero en un cable distinto de modo que la distancia alterna sea de 10 metros. Se recuerda que estas distancias se duplican en el caso del RD 1432/2008 pero al encontrarnos en la Comunidad Autónoma de Andalucía, es preciso ceñirse al caso más restrictivo, esto es, el indicado en el Decreto 178/2006. La disposición que adoptan estos dispositivos es la siguiente en base a esta interpretación es la mostrada en la Figura 5-36.

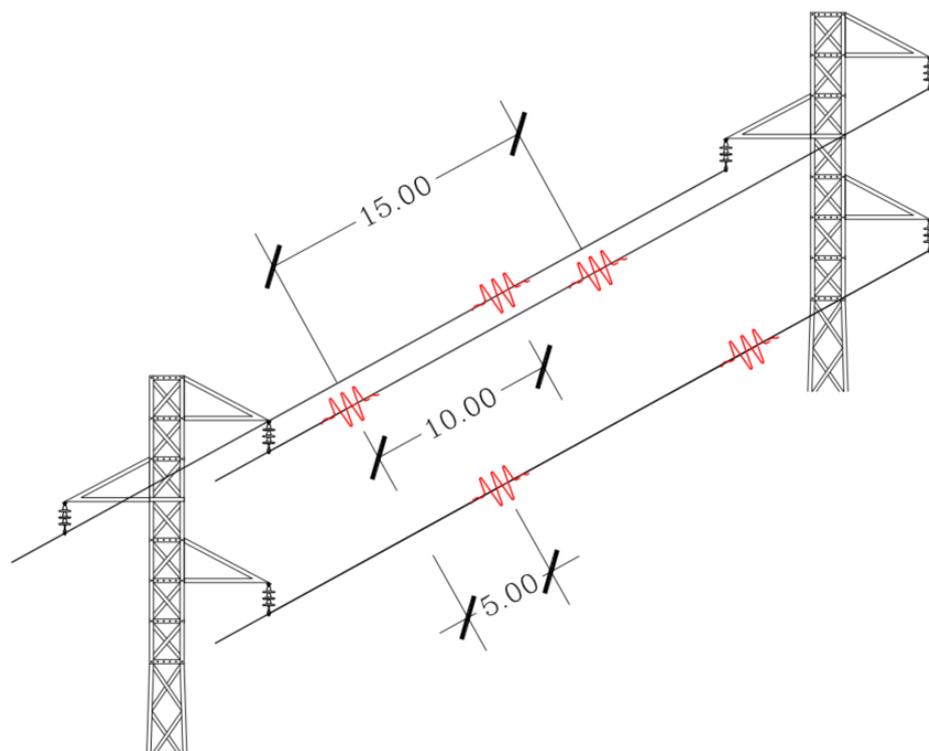


Figura 5-36. Disposición frente a la colisión

6 ADAPTACIÓN PARA LA AVIFAUNA DE LÍNEA ELÉCTRICA DE MEDIA TENSIÓN EXISTENTE

En este capítulo se realizará un proyecto de adaptación para la avifauna con formato académico de una línea eléctrica de media tensión existente, poniendo en práctica muchas de las técnicas recogidas en el capítulo anterior. El RD establece el contenido indispensable para este tipo de proyectos, los cuales por simplicidad se muestran a continuación:

- Descripción del trazado y plano a escala al menos 1:25.000.
- Tipos de apoyos y armados a instalar
- Características de los sistemas de aislamiento.
- Descripción de las instalaciones de seccionamiento, transformación e interruptores con corte en intemperie.
- Características de los dispositivos salvapájaros a instalar y la ubicación de los mismos, en su caso, así como las medidas anticolidión y las medidas anti-nidificación en las líneas

Por tanto, el objeto de este proyecto es la descripción y valoración de las unidades de actuación elementales (UAE) necesarias para la corrección de los tendidos eléctricos aéreos, a fin de cumplir los requisitos establecidos en los decretos estudiados en apartados anteriores de este trabajo: El RD 1432/2008 y el Decreto 178/06 de Andalucía, por los que se establecen las medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.

Para dar cumplimiento a dichas leyes, se pretende la reforma, adaptación y mejora de las instalaciones de la línea de media tensión conocida con el nombre de Línea El Indiano, conteniendo toda la información requerida por el RD y comentada en la introducción de este capítulo.

6.1 Peticionario y titular de la línea de media tensión

El petionario y titular de la línea de media tensión (LMT) a adaptar será la empresa distribuidora de la zona, Romero Candau SL. Las disposiciones y criterios a seguir se harán conforme al reglamento interno de la distribuidora, que serán convenientemente referenciados y explicados.

6.2 Ubicación de la línea de media tensión

La línea a adecuar se encuentra en los términos municipales de Puerto Serrano (11659) y Montellano (41770), en la zona conocida con el nombre de Finca El Indiano en las provincias de Cádiz y Sevilla.

Las coordenadas UTM iniciales y finales de la instalación proyectada son las mostradas en la Tabla 6-6.

CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO		UTM Huso 30 ETRS 89	
		X	Y
Inicio	Apoyo de entronque (apoyo 0)	273497	4090124
Fin	Apoyo 11	274820	4090912

Tabla 6-6. Coordenadas UTM iniciales y finales de la instalación proyectada

En el plano número 01 se muestra el emplazamiento para una fácil localización de las instalaciones.

A continuación, para visualizar la zona en la que la línea se desarrolla, en la Figura 6-37 se muestra una vista aérea extraída de Google Earth donde se indican la posición inicial y final de los apoyos que conforman la línea. El trazado completo es el mostrado en los planos 01, 02 y 03, pero para la finalidad de las justificaciones que se realizarán a continuación en los planes de adaptación se considera suficiente indicar los puntos iniciales y finales de la línea.

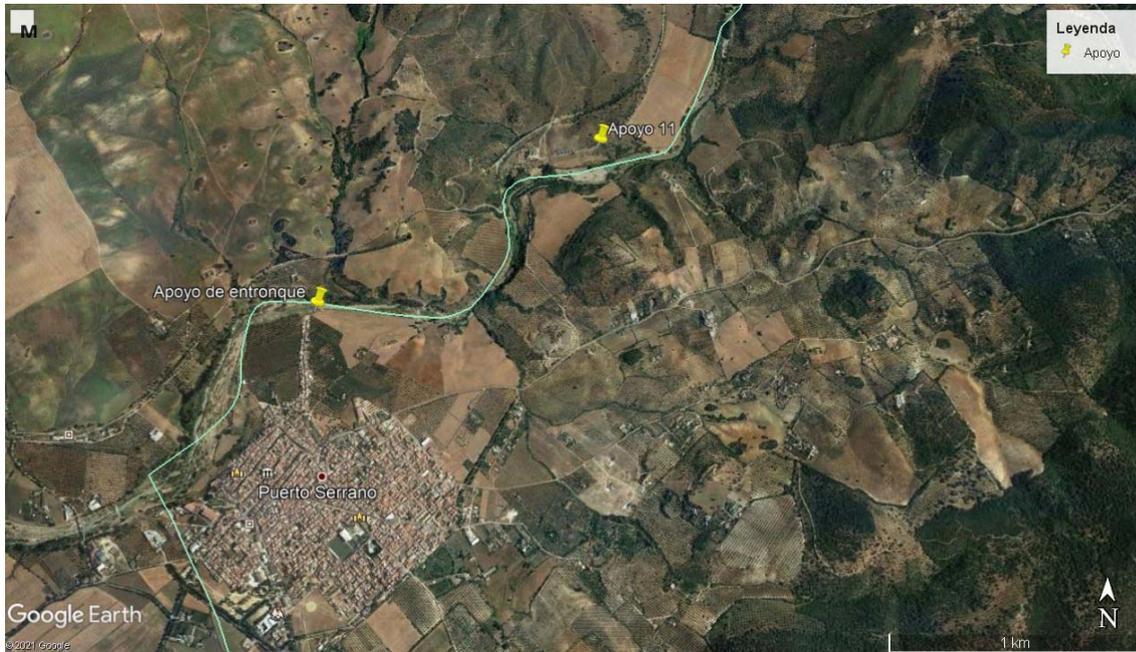


Figura 6-37. Vista aérea de la LMT

Esta línea se encuentra cerca de la cola del embalse de Bornos (Anexo 1: Zonas de Especial Protección para las Aves en Andalucía), clasificada como zona de especial protección para las aves. En la siguiente Figura 6-38, en rojo, se muestra la zona ZEPA mencionada.



Figura 6-38. Cola del embalse de Bornos

Tras las actualizaciones de las ZEPAS del RD, por la actuación en la zona de las aves necrófagas y el Águila Imperial y su incidencia en la zona, se amplió la zona de protección, pero, a diferencia de la indicada en la figura anterior, esta zona es de obligada adaptación contra la electrocución, no siendo así para la anticolidión. En la siguiente Figura 6-39, en azul, se muestra esta zona.

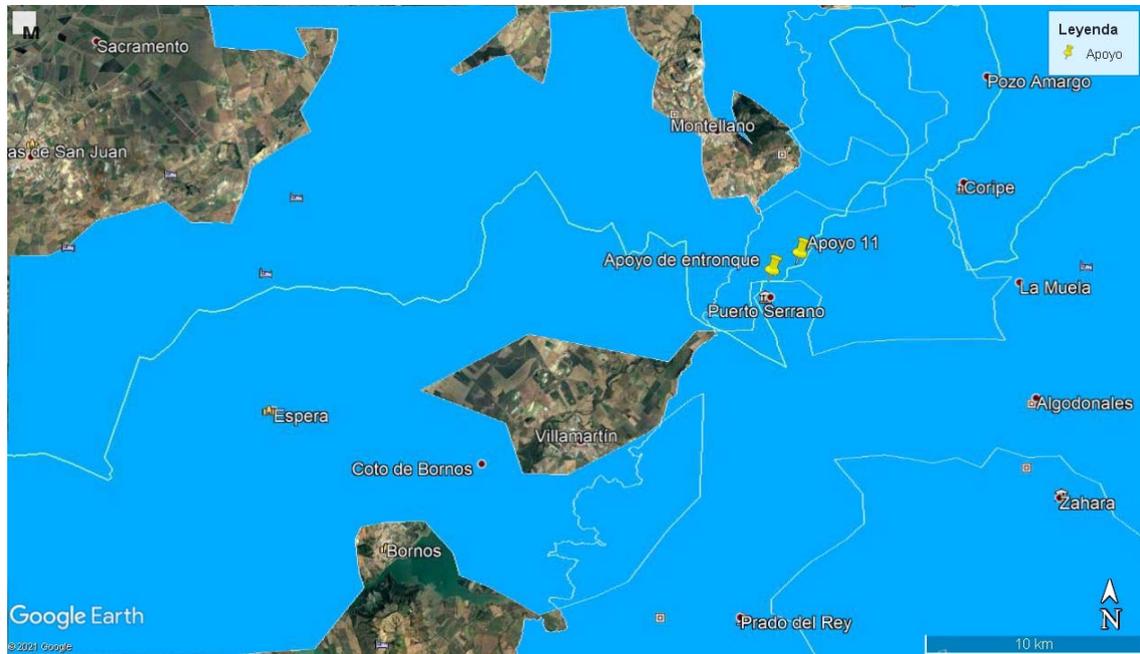


Figura 6-39. Ampliación ZEPA 1. Antielectrocución.

Del mismo modo, se incluyó en el ámbito de aplicación de las medidas anticolidión las aves de humedales y las esteparias, cuyas zonas se muestran en la siguiente Figura 6-40 en morado.

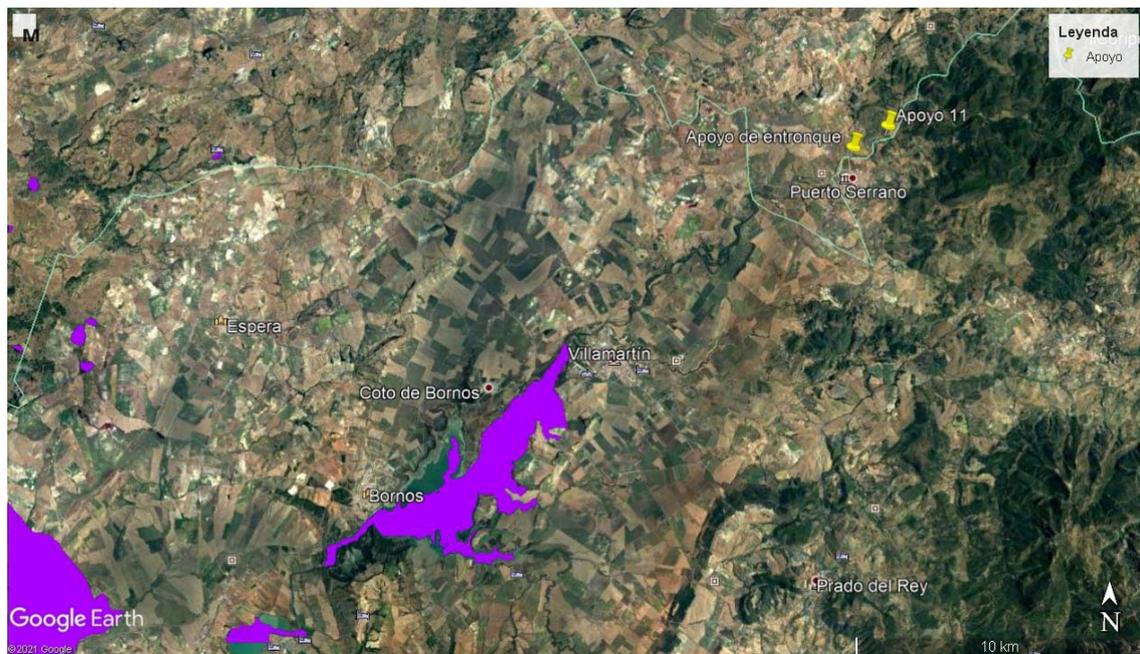


Figura 6-40. Ampliación ZEPA 2. Anticolidión

Si activamos todas las capas anteriormente mencionadas, nos queda la siguiente distribución de zonas, con la

cual se puede llegar a la conclusión de que no son necesarias las medidas anticolidión. Para facilitar la visualización se ofrecen dos vistas desde distintas escalas en las siguientes Figura 6-41 y Figura 6-42.

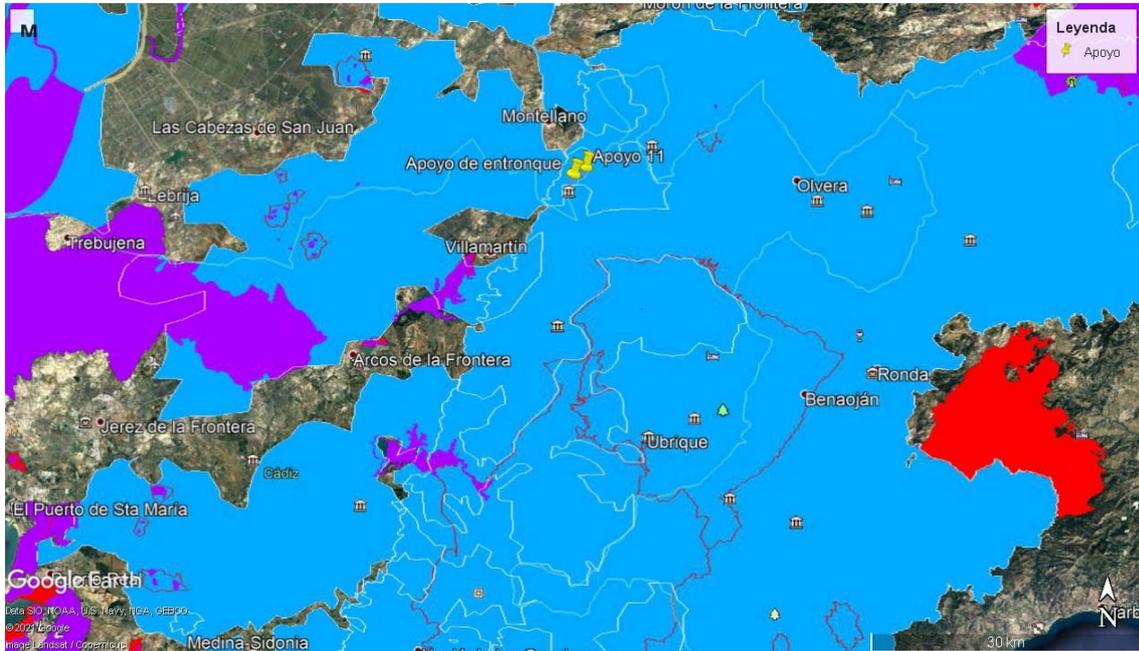


Figura 6-41. Ampliación ZEPA. Anticolidión y antielectrocución.

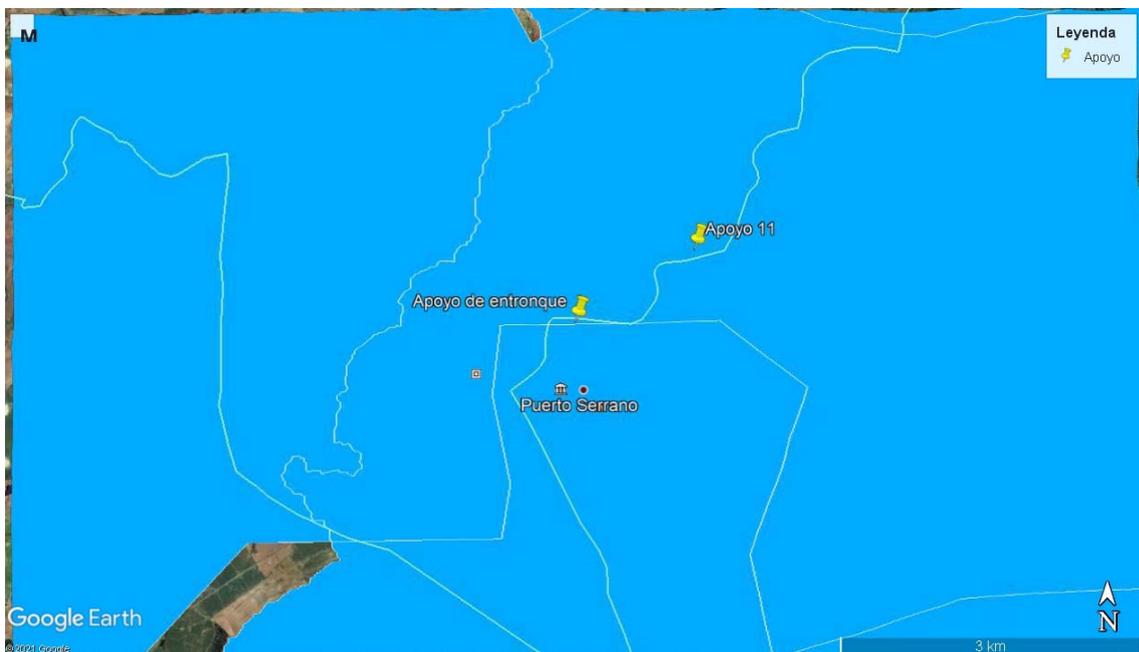


Figura 6-42. Ampliación ZEPA. Vista aérea centrada en la LMT objeto de estudio

En contraposición a lo expuesto anteriormente, las autoridades medioambientales pertinentes en la zona en colaboración con la Junta de Andalucía, establecieron un marco de áreas prioritarias en cuanto a adaptación contra la electrocución y colisión en la zona, que, como se puede observar cambia sustancialmente el ámbito de actuación de las zonas mencionadas. En rojo, se muestra esta actualización, nuevamente con dos escalas, una de ellas centrada en la LMT de estudio (Figura 6-43 y Figura 6-44).

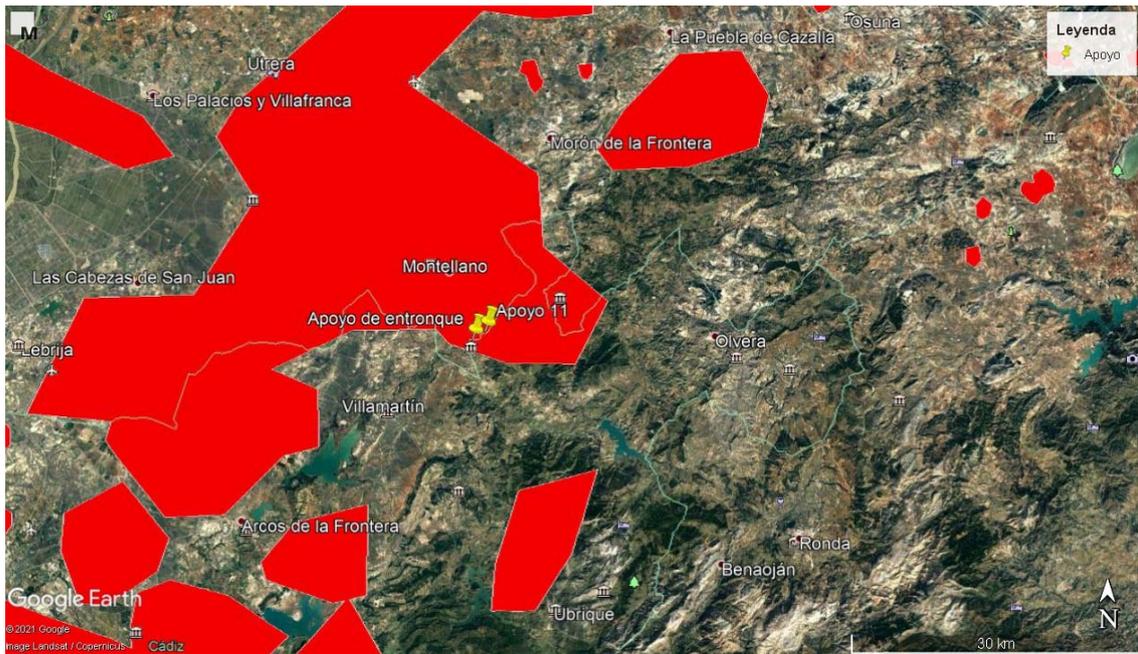


Figura 6-43. Zona de Especial Protección para las Aves definitiva



Figura 6-44. Zona de Especial Protección para las Aves definitiva centrada en LMT objeto de estudio

Se comprueba que el trazado de la línea discurre íntegramente en esta zona por lo que se hace necesaria una adaptación completa de la línea para la prevención frente a la mortandad de las aves.

6.3 Características de la corriente de línea y su procedencia

La tensión de servicio de la red de distribución de la zona es de 20 kV. De acuerdo con la ITC-RAT 04, esta red está clasificada como de 3ª Categoría ya que $1 \text{ kV} < U_n \leq 30 \text{ kV}$.

Al ser la tensión de servicio 20 kV, en las instalaciones se considerará una tensión más elevada para el material (U_m) de 24 kV, a efecto de determinar el aislamiento requerido por los equipos.

Por tal motivo, se utilizarán materiales de MT para esta tensión de aislamiento, valor normalizado y de uso preferente por los fabricantes para este tipo de material.

La procedencia de la energía para la línea considerada es del apoyo de entronque desde la cual comienza la línea. Para el análisis de las instalaciones se considerará este punto como el punto frontera desde el cual se suministra toda la potencia necesaria para abastecer a los CT's aguas abajo de este punto. Las coordenadas UTM de este punto son las indicadas en la Tabla 6-7.

UTM Huso 30 ETRS 89	
X	Y
273497	4090124

Tabla 6-7. Coordenadas UTM del punto frontera

6.4 Características generales de la línea

Esta línea aérea de media tensión de 20 kV que se pretende adecuar es de simple circuito con conductor 47-AI 1/8 – ST1A (LA-56 con 54,6 mm² de sección real) en montaje tresbolillo. La longitud total de la línea es de 1.797 m. que discurren por los términos municipales de Puerto Serrano - Montellano.

El resumen de datos de la línea es el siguiente:

- Tipo de instalación: Aérea
- Tensión: 20 kV
- Tipo de línea: Simple circuito
- Tipo de conductor: 47-AI 1/8 – ST1A (LA-56)
- Tipo de montaje: Tresbolillo
- Longitud de la línea: 1797,00 m
- Cota mínima del terreno: 141,3 m
- Cota máxima del terreno: 173,7 m
- Zona/s: A
- N° de apoyos: 11
- Apoyo con menor cota: 173,5 m
- Apoyo con mayor cota: 142,1 m
- Superficie total ocupación apoyos: 14,0 m²
- N° de vanos: 10
- N° de cantones: 9
- N° de alineaciones: 4
- Separación de conductores mínima de cálculo: 1,19 m
- Separación de conductores máxima de cálculo: 2,00 m

6.5 Estado Actual

Dada las dimensiones de la línea, en el plano 02 se muestra un plano guía de la planta de la línea de media tensión a adaptar y el plano 03 se recoge el perfil y la planta a escala de la línea de media tensión, indicando la orientación del norte. A continuación, la Tabla 6-8 muestra un resumen con la ubicación en coordenadas ETRS 89 (HUSO 30) de los distintos apoyos que componen la línea, así como el término municipal al que afectan.

Apoyo	UTM X	UTM Y	Término Municipal
0 (enronque)	273497	4090124	Puerto Serrano
1	273505	4090137	Puerto Serrano
2	273659	4090122	Puerto Serrano
3	273640	4090127	Puerto Serrano
4	273813	4090106	Puerto Serrano
5	273966	4090063	Puerto Serrano
6	274107	4090027	Montellano
7	274218	4090262	Montellano
8	274352	4090544	Montellano
9	274522	4090678	Puerto Serrano
10	274718	4090832	Montellano
11	274820	4090912	Montellano

Tabla 6-8. Coordenadas UTM de los apoyos y término municipal

Seguidamente se procede a describir las características de los apoyos. Para definir estas características, el técnico ha de acudir in situ a las instalaciones y verificar el estado de las mismas y los elementos instalados. De este modo se garantiza que la adecuación será efectiva y adecuada, así como ajustada a la reglamentación vigente. Se ha hecho este inciso para hacer ver al lector que este trabajo requiere de una dedicación colosal puesto que es necesario revisar cada uno de los apoyos de la línea a adecuar. Del estudio de esta línea se recopilan los siguientes datos:

- Apoyo 0: Apoyo de enronque. Este apoyo se encuentra convenientemente adaptado según la legislación vigente, por tanto, no necesita ninguna actuación.
- Apoyo 1: Apoyo en montaje tresbolillo con cadenas de tipo amarre y seccionador tripolar en cabeza.
- Apoyo 2: Apoyo en montaje tresbolillo de tipo alineación con cadenas de suspensión.
- Apoyo 3: Apoyo en montaje tresbolillo de tipo ángulo con cadenas de amarre.
- Apoyo 4: Apoyo en montaje tresbolillo de tipo alineación con cadenas de amarre. En este apoyo se produce una derivación subterránea que alimenta al centro de transformación de Charco Pajarito, el cual pertenece a la empresa distribuidora. Esta derivación se realiza de forma subterránea con lo que el apoyo cuenta con un paso aéreo subterráneo y continuación de línea. El centro de transformación es de tipo interior con remonte subterráneo por lo que no precisa de protección de la avifauna.

- Apoyo 5: Apoyo en montaje tresbolillo de tipo ángulo con cadenas de amarre.
- Apoyo 6: Apoyo en montaje tresbolillo de tipo alineación con cadenas de tipo amarre.
- Apoyo 7: Apoyo en montaje tresbolillo de tipo alineación con cadenas en V.
- Apoyo 8: Apoyo en montaje tresbolillo de tipo ángulo con cadenas de amarre.
- Apoyo 9: Apoyo en montaje tresbolillo de tipo alineación con cadenas de amarre.
- Apoyo 10: Apoyo en montaje tresbolillo de tipo alineación con cadenas de tipo amarre. Este apoyo dispone de 3 seccionadores unipolares.
- Apoyo 11: Fin de línea con transformador de tipo intemperie, perteneciente a la empresa distribuidora. Montaje tipo cero con aislador rígido para el puente intermedio. Los elementos que conforman el conjunto de transformación son el propio transformador, 3 autoválvulas dispuestas en la parte superior del armado y 3 bases portafusibles.

6.6 Actuaciones a realizar

En esta sección se procede a describir las actuaciones a acometer en cada uno de los apoyos de acuerdo a su estado actual.

- Apoyo 1: Bajo el criterio de la empresa distribuidora, y basándose en las justificaciones aportadas en apartados anteriores de este trabajo, se decide sustituir el seccionador tripolar en cabeza instalando en su lugar tres seccionadores unipolares los cuales cumplen la misma función sin los fallos que presenta su alternativa. Se recuerda que los tripolares presentaban el defecto de que con la falta de uso quedaban atascados (en las tres cuchillas) e inservibles para este servicio, mientras que la durabilidad de los seccionadores unipolares es mayor. Tras realizar el cambio se aislarán convenientemente todos los elementos en tensión, esto es, cadenas de amarre, seccionadores unipolares, puentes, conectores y un metro de tubo a cada lado del amarre.
- Apoyo 2: Se procederá a aislar todas las partes susceptibles de crear riesgo de electrocución, esto es, cadenas de suspensión y un metro de conductor a cada lado de la cadena.
- Apoyo 3,5,6,8 y 9: Se procederá a aislar todas las partes susceptibles de crear riesgo de electrocución, es decir, cadenas de amarre, puentes, conectores y un metro de conductor a cada lado de la cadena.
- Apoyo 4: Se procederá a aislar todas las partes susceptibles de crear riesgo de electrocución, esto es, cadenas de amarre, puentes, conectores, autoválvulas, botellas terminales y un metro de conductor a cada lado de las cadenas de amarre.
- Apoyo 7: Se procederá a aislar las cadenas en tipo V, incluidos los puentes siendo su adaptación semejante a un apoyo de alineación.
- Apoyo 10: Se procederá de forma semejante al apoyo 1 sin que exista seccionador tripolar que desinstalar.
- Apoyo 11: En primer lugar, se procederá a desmontar el aislador rígido, sustituyéndolo por un aislador de suspensión. A continuación, se procederá a aislar todas las partes susceptibles de crear riesgo de electrocución: cadenas de amarre, puentes, conectores, autoválvulas, base porta-fusibles, terminales de baja y media tensión del transformador y un metro de conductor a cada lado de la cadena.

6.7 Cuadro resumen. Explicación

Como se puede comprobar, únicamente con la descripción de las actuaciones es difícil plantear las mediciones. Para facilitarlas, se propone el siguiente método de recopilación de datos y actuaciones a acometer en la línea implicada. En este proyecto, el sentido de este cuadro es meramente aclaratorio, pero suponiendo una empresa con cierto volumen de instalaciones y que tenga que adaptar la mayoría de sus líneas, resulta una herramienta útil tanto para la organización como para la detección de errores. Además, sólo con este cuadro se cumple con el alcance exigido a estos proyectos, de modo que podría sustituir al apartado anterior para aquellas instalaciones conocidas como “instalaciones tipo”, si bien es recomendable que para instalaciones especiales se haga un análisis de las actuaciones a acometer como las expuestas en el apartado anterior.

Se indican las siguientes características para cada una de las líneas:

- a) Cuadro inicial (Tabla 6-9)
- **Inicio.** - Inicio del tramo aéreo a acondicionar
 - **Fin.** - Fin del tramo aéreo a acondicionar
 - **Long. aérea.** - longitud del tramo aéreo en metros
 - **Apoyos.** - Número de apoyos del tramo.
 - **Zona en planos** - Plano de zona en el que se encuentra ubicada la línea.

Nota: La zona en planos es un apartado que considera que las instalaciones sean muy numerosas o sean líneas muy largas, de modo que es común dividirlos en las denominadas zonas. En este proyecto solo existe una zona (zona 1) ya que solo se trata de una línea de longitud media.

Inicio	Fin	Long. aérea	Apoyos	Zona en planos

Tabla 6-9. Explicación del cuadro resumen. Cuadro inicial

- b) Cuadro de características de los apoyos que componen la línea (Tabla 6-10)

- **Código.** - Código interno de cada uno de los apoyos que componen la línea
- **Cad.** - Tipo de cadena (alineación, amarre, en V, etc.)
- **Caract.** - Características del apoyo (centro de transformación, seccionamiento, paso aéreo a subterráneo, etc.)
- **Observaciones.** - Observaciones (características especiales)

Código	Cad.	Caract.	Observaciones

Tabla 6-10. Explicación del cuadro resumen. Cuadro de características de los apoyos

c) Cuadro actuaciones a realizar en esta línea (Tabla 6-11).

AL	AM	CO	SU	BPU	TR	DER	AV	TAS	TPR	TPF	AC

Tabla 6-11. Explicación del cuadro resumen. Cuadro de actuaciones a realizar

El significado de cada una de las columnas es:

- **AL:** Ud. grapas de alineación a proteger
- **AM:** Ud. grapas de amarre a proteger
- **CO:** Ud. de cut out a proteger
- **SU:** Ud. de seccionadores unipolares a proteger
- **BPU:** Ud. de bases portafusibles unipolares a proteger
- **TR:** Ud. de bornas MT / BT del transformador a proteger
- **DER:** Conectores de derivación a proteger
- **AV:** Ud. de autoválvulas a proteger
- **TAS:** Ud. de terminal paso aéreo a subterráneo a proteger
- **TPR:** Ud. de tubo protector rígido para forrado conductor
- **TPF:** Ud. De tubo protector flexible para forrado de puentes.
- **AC:** Ud. de elemento anticolidión

d) Actuaciones tipo

Se establecen una serie de actuaciones tipo en los apoyos indicándose qué elementos se instalan en cada una de ellas. Si alguno de los apoyos tipo tuviese algún elemento especial éste se ha indicado aparte en la columna de observaciones.

A continuación, se procede a analizar las actuaciones tipo más frecuentes en líneas de media tensión. Para cada actuación se mostrarán esquemas ilustrativos, así como la redacción justificativa de las actuaciones a acometer.

6.7.1 Adecuar apoyo de alineación tipo

Los elementos a instalar en el apoyo tipo son:

- **AL:** 3 Uds.
- **TPR:** 6 Uds.

Justificación:

Un apoyo de alineación consta de 3 cadenas de alineación. A cada lado de cada cadena es conveniente instalar un tubo de protección de 1 metro. Como se comentó en la Sección 4.4 de este trabajo, según la reglamentación, y de acuerdo a unas distancias exigidas, es posible obviar esta adaptación, pero según criterios de las distribuidoras y distintos organismos medioambientales es la mejor actuación posible a la hora de prevenir la electrocución de las aves.

Figura 6-45 muestra con más claridad las zonas susceptibles de ser adecuadas.

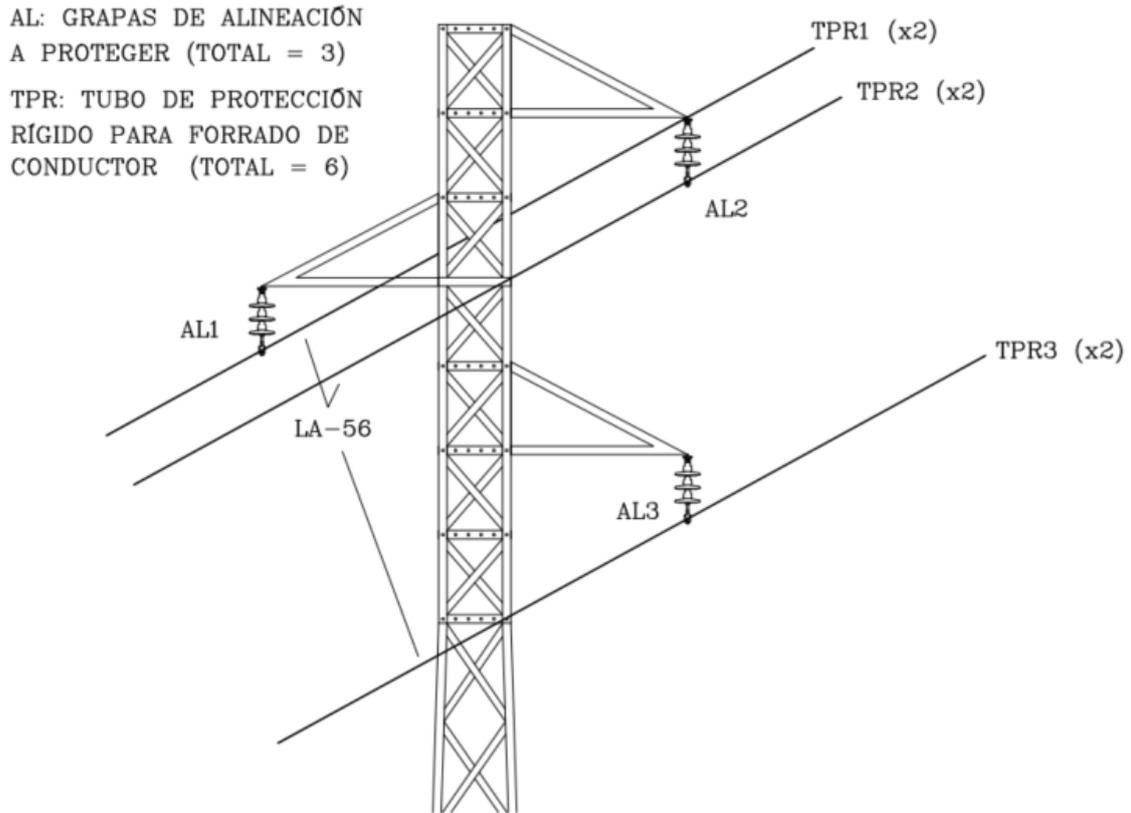


Figura 6-45. Apoyo de alineación tipo

Siendo válido lo expuesto en este apoyo tipo, se muestra un esquema del tubo de protección rígido (Figura 6-46) el cual, independientemente del tipo de cadena, ha de ir instalado como se muestra en ella, justificándose que son necesarios dos por cada conductor (a excepción de las derivaciones o fin de línea).

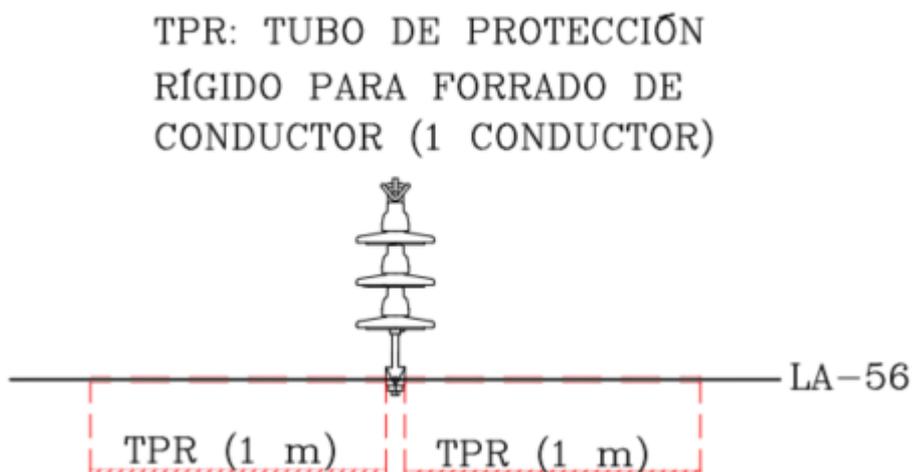


Figura 6-46. Justificación del número de tubos de protección rígidos

6.7.2 Adecuar apoyo de amarre tipo

Los elementos a instalar en el apoyo tipo son:

- **AM:** 6 Uds.
- **TPR:** 6 Uds.
- **TPF:** 3 Uds.
- **DER:** 3 Uds.

Justificación:

Un apoyo de amarre cuenta con 6 grapas de amarre, las cuales son preciso aislar ya que su disposición es prácticamente horizontal y según la ambigua definición de zona de posada, puede ser considerada como tal. Además, al igual que para el apoyo de alineación es preciso aislar 1 metro de conductor a cada lado de las grapas de amarre lo que hace un total de 6. Del mismo modo, se han de aislar los puentes y para ello se necesitan tubos de protección flexibles ya que es preciso que se puedan doblar con facilidad.

El conector de derivación es un elemento que sirve para unir (empalmar) efectivamente los conductores ya que en los amarres es común cortar el cable, realizar el tense requerido a cada lado del apoyo y, en el puente, unir los conductores con un elemento adecuado a tal propósito. Aunque existen numerosos métodos para realizar esta unión en este trabajo se ha escogido el conector por cuña por ser el más extendido y, al igual que el resto de elementos es preciso protegerlo.

En la Figura 6-47 se muestra un esquema del dispositivo.

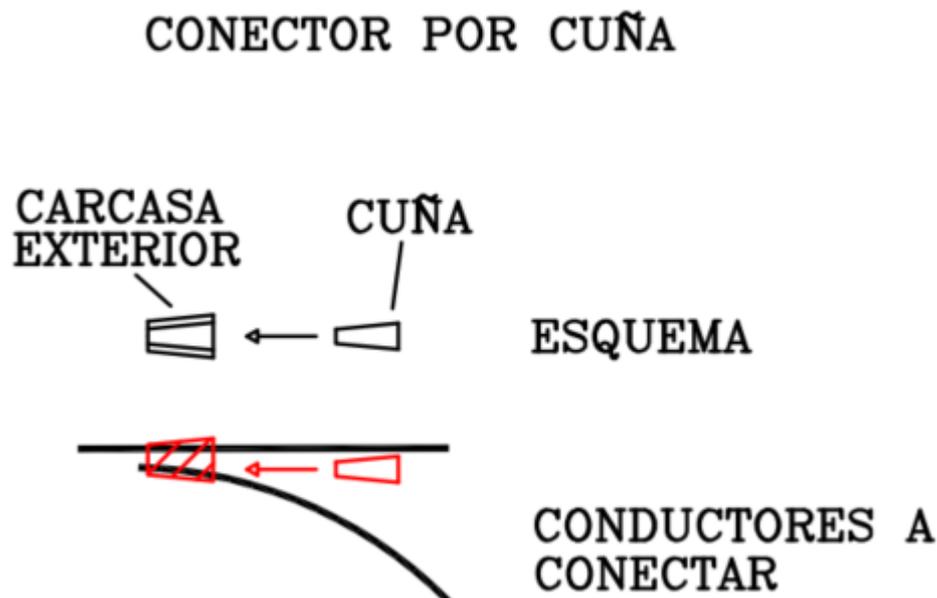


Figura 6-47. Esquema de conector por cuña

Para aportar claridad a la explicación realizada se muestra el esquema del apoyo de amarre tipo considerado (Figura 6-48).

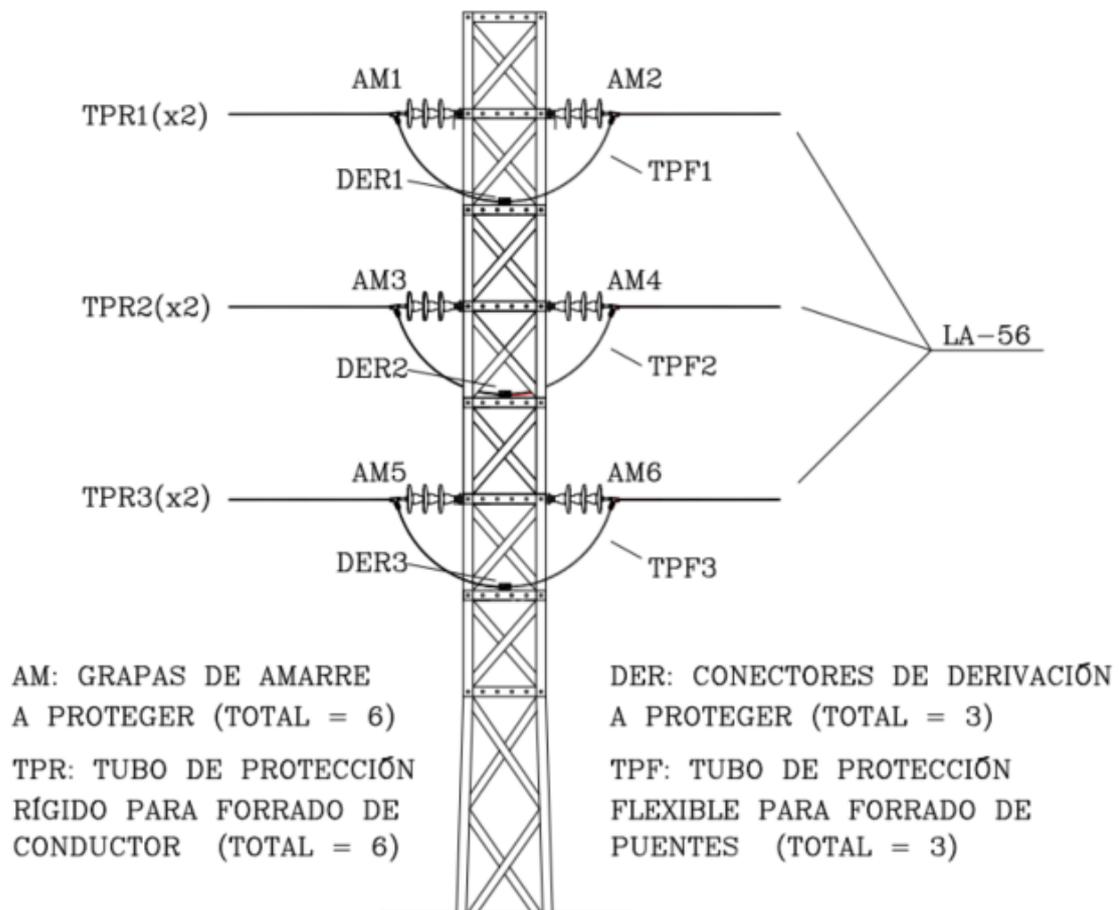


Figura 6-48. Apoyo de amarre tipo

6.7.3 Adecuar apoyo en V tipo

Los elementos a instalar en el apoyo tipo son:

- **AL:** 6 Uds.
- **TPR:** 6 Uds.
- **TPF:** 1 Uds.

Justificación:

En la práctica, cada cadena en V se considera como dos grapas de alineación, por ello se tiene un total de 6 (3 por conductor), con la diferencia de que su orientación no es vertical ni horizontal, alcanzando un punto intermedio, pero por la definición de zona de posada, es posible considerarla como tal y, por tanto, susceptible de ser protegida. Además, como ya se viene indicando, se ha de aislar 1 metro de conductor a cada lado de la cadena.

Entre las dos cadenas que conforman la V, existe un tramo de conductor que se puede considerar como un puente entre cadenas. Por tanto, ésta ha de ser flexible, pero, a diferencia del puente de las cadenas de amarre, no lleva ningún tipo de empalme y es de una longitud muy inferior. A efectos prácticos, tal y como se recoge en la Figura 6-49 de forma esquemática, se puede considerar que un tubo de protección flexible es suficiente para los tres puentes que conforman las cadenas.

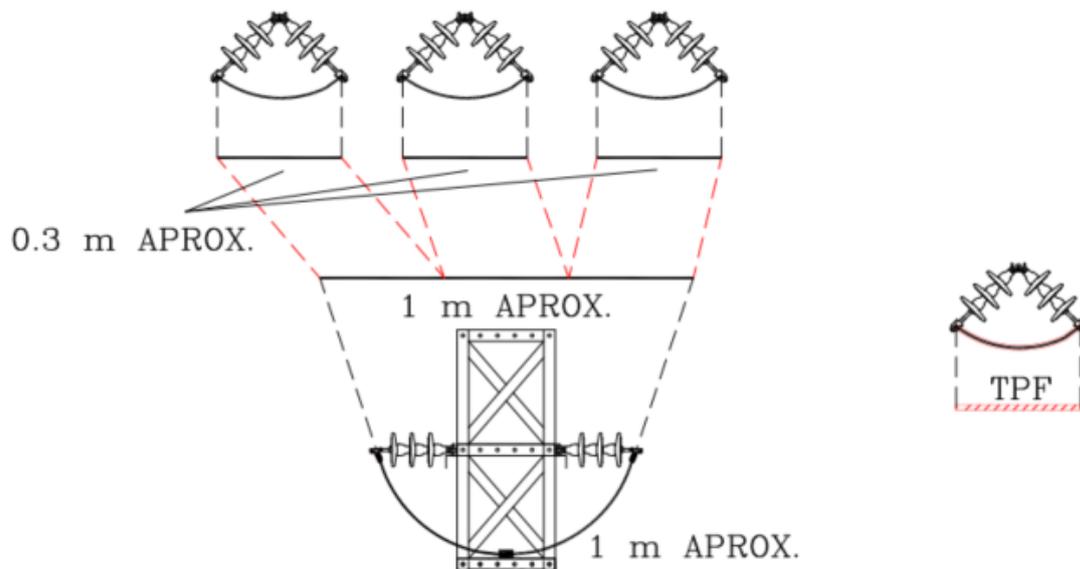


Figura 6-49. Justificación del número de tubos de protección flexible en apoyo en V

Finalmente, para dar claridad a lo expuesto se muestra un esquema de este tipo de apoyo (Figura 6-50).

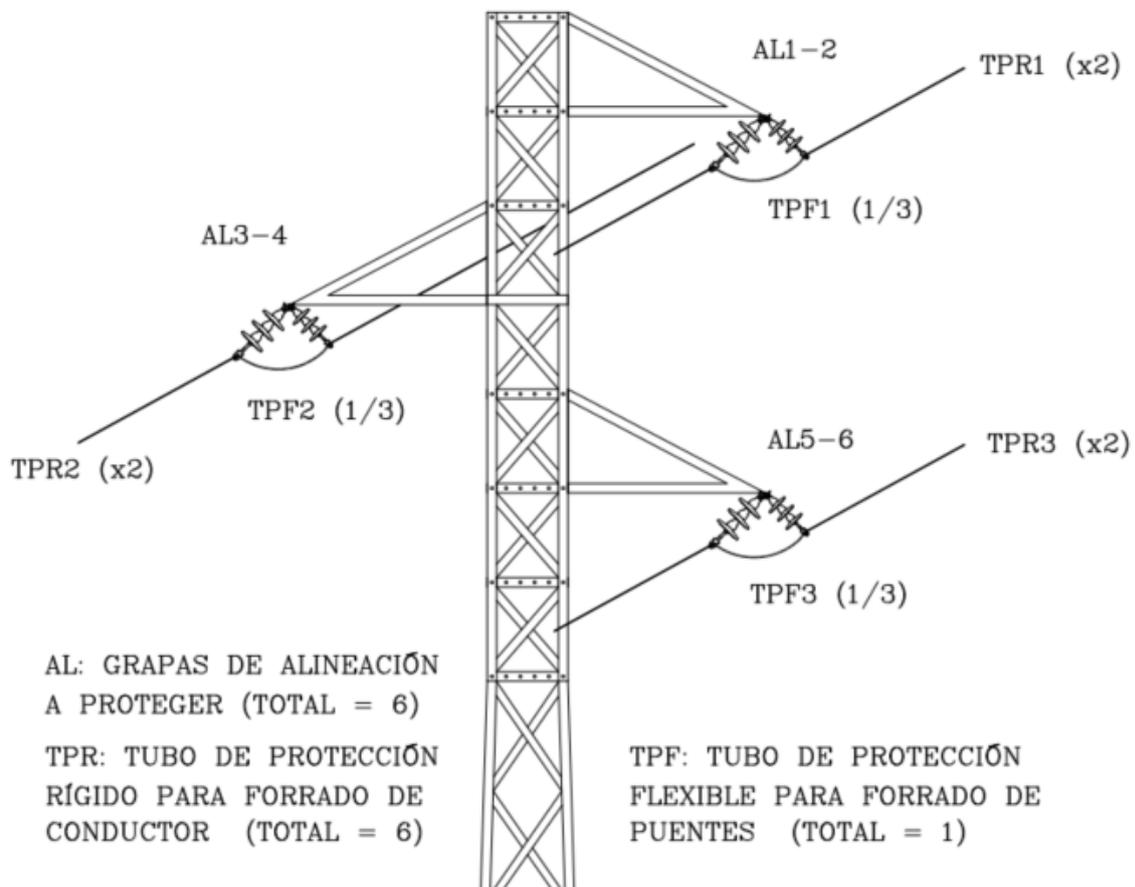


Figura 6-50. Apoyo en V tipo

6.7.4 Adecuar apoyo en derivación tipo

Los elementos a instalar en el apoyo tipo son:

- **AM:** 9 Uds.
- **TPR:** 9 Uds.
- **TPF:** 6 Uds.
- **DER:** 6 Uds.

Justificación:

Los apoyos de derivación han de ser, y suelen ser, de tipo amarre. Por ello se parte de los elementos propios de un apoyo de este tipo:

- **AM:** 6 Uds.
- **TPR:** 6 Uds.
- **TPF:** 3 Uds.
- **DER:** 3 Uds.

A estos se han de sumar otras tres grapas de amarre, para el circuito derivado, 3 tubos de protección rígidos para los siguientes conductores, otros tres puentes, fruto de la unión del circuito principal y el derivado y otros tres conectores por cuña. En el esquema en el que se realiza una derivación mediante dos semicrucetas se pueden apreciar los elementos descritos, mostrando planta (Figura 6-52), alzado y perfil (Figura 6-51) para una comprensión clara de lo expuesto.

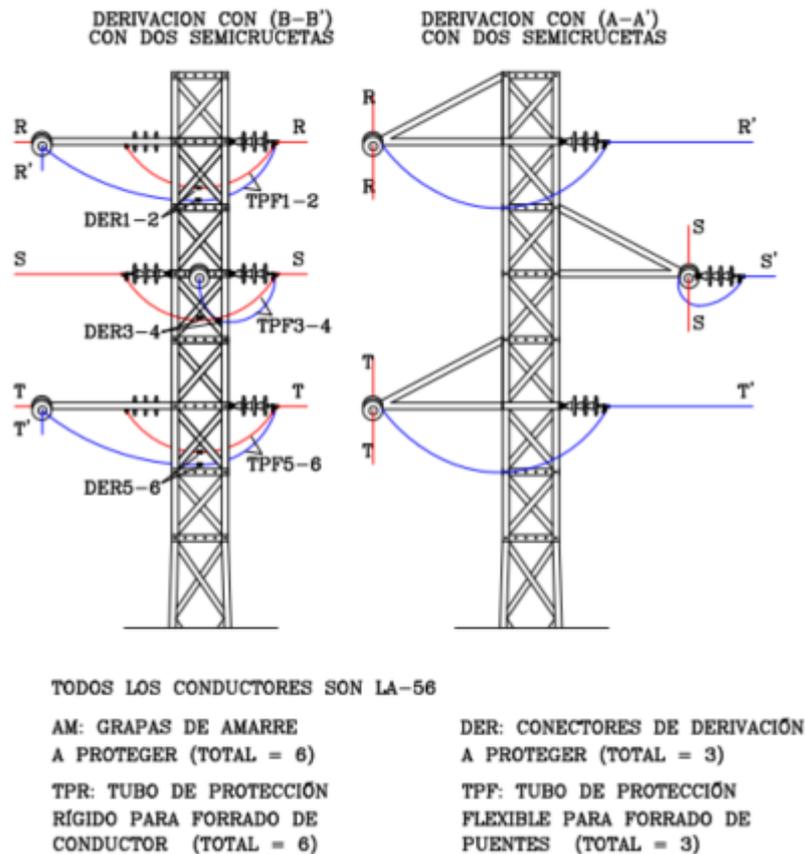


Figura 6-51. Apoyo en derivación tipo

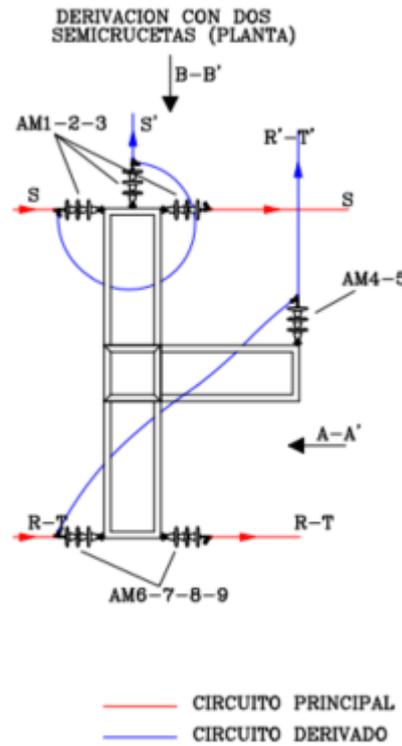


Figura 6-52. Apoyo en derivación tipo. Planta

Para facilitar el recuento de tubos de protección rígidos, se proporciona la Tabla 6-12, donde las fases marcadas con prima, hacen alusión al circuito derivado:

Fase	R	S	T	R'	S'	T'
TPR	2	2	2	1	1	1

Tabla 6-12. Apoyo en derivación tipo. Recuento de tubos de protección rígidos

6.7.5 Adecuar apoyo paso aéreo a subterráneo o CT intemperie con alimentación realizada con cable seco

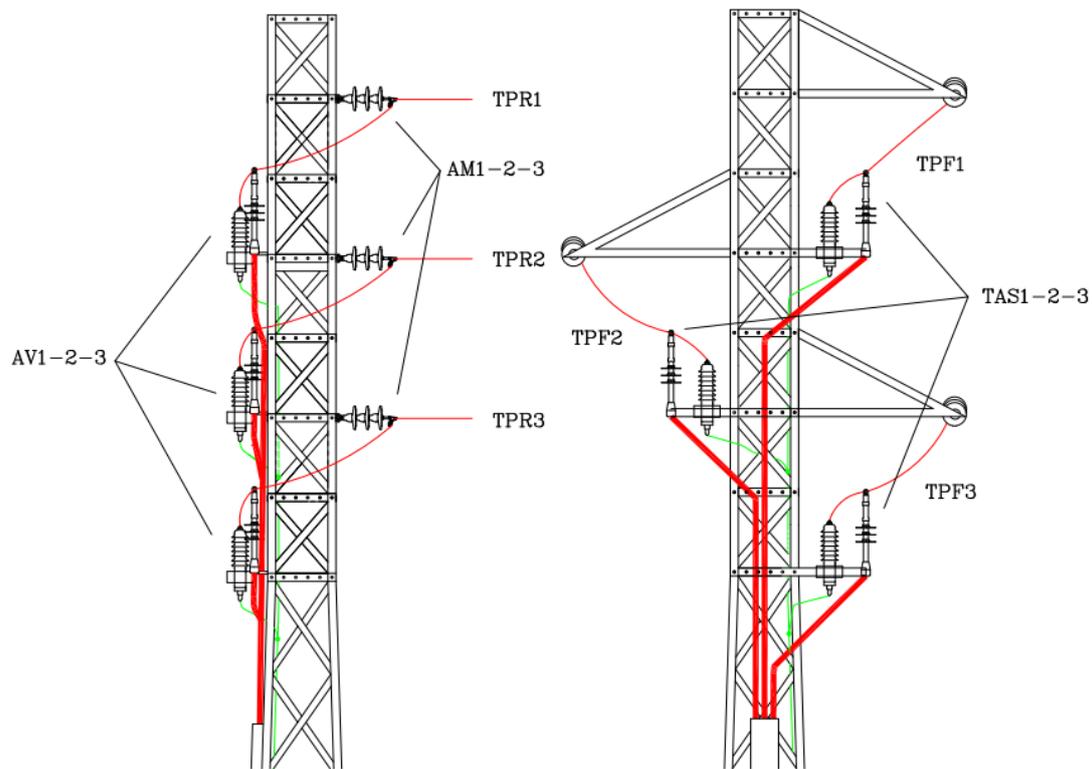
Los elementos a instalar en el apoyo tipo son:

- **AM:** 3 Uds.
- **TAS:** 3 Uds.
- **AV:** 3 Uds.
- **TPR:** 3 Uds.
- **TPF:** 3 Uds.

Justificación:

Normalmente estos apoyos constituyen el fin de línea, la cual pasa de ser aérea a subterránea. Por tanto, la línea aérea llega hasta 3 cadenas de amarre, las cuales se han de proteger. Con las unidades terminales o “botellas”, se hace la transición de aéreo a subterráneo, debiéndose proteger la misma, así como 3 autoválvulas, las cuales son comunes y muy recomendables en este tipo de apoyos ya que, en caso de una sobretensión (por ejemplo, la caída de un rayo en la red aérea), ésta se derivará a tierra y no circulará por el conductor subterráneo, protegiendo

de esta forma las instalaciones aguas abajo. Finalmente, tal y como se aprecia en la Figura 6-53 se han de proteger las uniones con tubos de protección flexible, así como un metro de cable de cada fase. El número de elementos a proteger es el mismo si este apoyo, en vez de pasar a subterráneo se conecta con un centro de transformación de tipo intemperie.



AM: GRAPAS DE AMARRE
A PROTEGER (TOTAL = 3)

TPR: TUBO DE PROTECCIÓN
RÍGIDO PARA FORRADO DE
CONDUCTOR (TOTAL = 3)

AV: UNIDAD DE AUTOVÁLVULAS
A PROTEGER (TOTAL = 3)

TAS: UD. DE TERMINAL PASO AÉREO A
SUBTERRÁNEO A PROTEGER (TOTAL = 3)

TPF: TUBO DE PROTECCIÓN
FLEXIBLE PARA FORRADO DE
PUENTES (TOTAL = 3)

Figura 6-53. Apoyo paso aéreo a subterráneo tipo

6.7.6 Adecuar apoyo con dos pasos aéreo a subterráneo (Entrada – salida a CT)

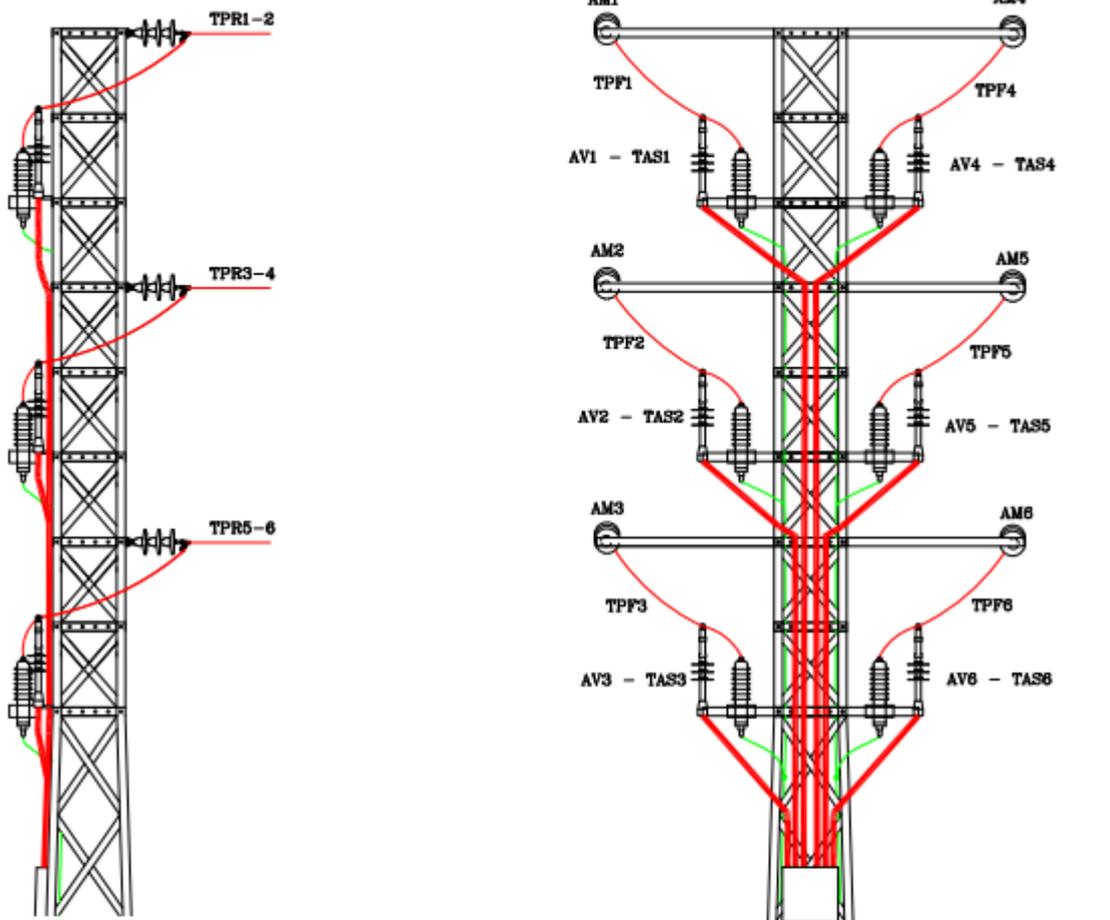
Los elementos a instalar en el apoyo tipo son:

- **AM:** 6 Uds.
- **TAS:** 6 Uds.
- **AV:** 6 Uds.
- **TPR:** 6 Uds.
- **TPF:** 6 Uds.

Justificación:

Este tipo de apoyos se puede encontrar en las líneas de doble circuito, normalmente como fin de línea y en las cercanías de un pueblo o ciudad ya que suelen pasar a ser subterráneas y remontar en el centro de transformación (o los centros de transformación) pertinente desde el cual parten las líneas de baja tensión (aéreas o subterráneas) que alimentan a los distintos consumos de la localidad. Los elementos a adaptar son los mismos que en el caso anterior, teniendo en cuenta que son dos circuitos y por tanto existe el doble de componentes, como se puede

apreciar en la Figura 6-54.



AM: GRAPAS DE AMARRE
A PROTEGER (TOTAL = 6)
TPR: TUBO DE PROTECCIÓN
RÍGIDO PARA FORRADO DE
CONDUCTOR (TOTAL = 6)
AV: UNIDAD DE AUTOVÁLVULAS
A PROTEGER (TOTAL = 6)

TAS: UD. DE TERMINAL PASO AÉREO A
SUBTERRÁNEO A PROTEGER (TOTAL = 6)
TPF: TUBO DE PROTECCIÓN
FLEXIBLE PARA FORRADO DE
PUENTES (TOTAL = 6)

Figura 6-54. Apoyo con dos pasos aéreo a subterráneo tipo

6.7.7 Adecuar apoyo paso aéreo a subterráneo con continuación de línea

Los elementos a instalar en el apoyo tipo son:

- AM: 6 Uds.
- TAS: 3 Uds.
- AV: 3 Uds.
- TPR: 6 Uds.
- TPF: 6 Uds.
- DER: 3 Uds

Justificación:

Este apoyo, a diferencia del paso aéreo a subterráneo comentado anteriormente, no es un fin de línea. Se realiza una derivación del circuito principal que pasa a ser subterráneo, pero la línea continúa aérea (ver Figura 6-55 para mayor claridad). De este modo, los elementos a adaptar son los propios de un paso aéreo a subterráneo combinado con un apoyo de amarre tipo.

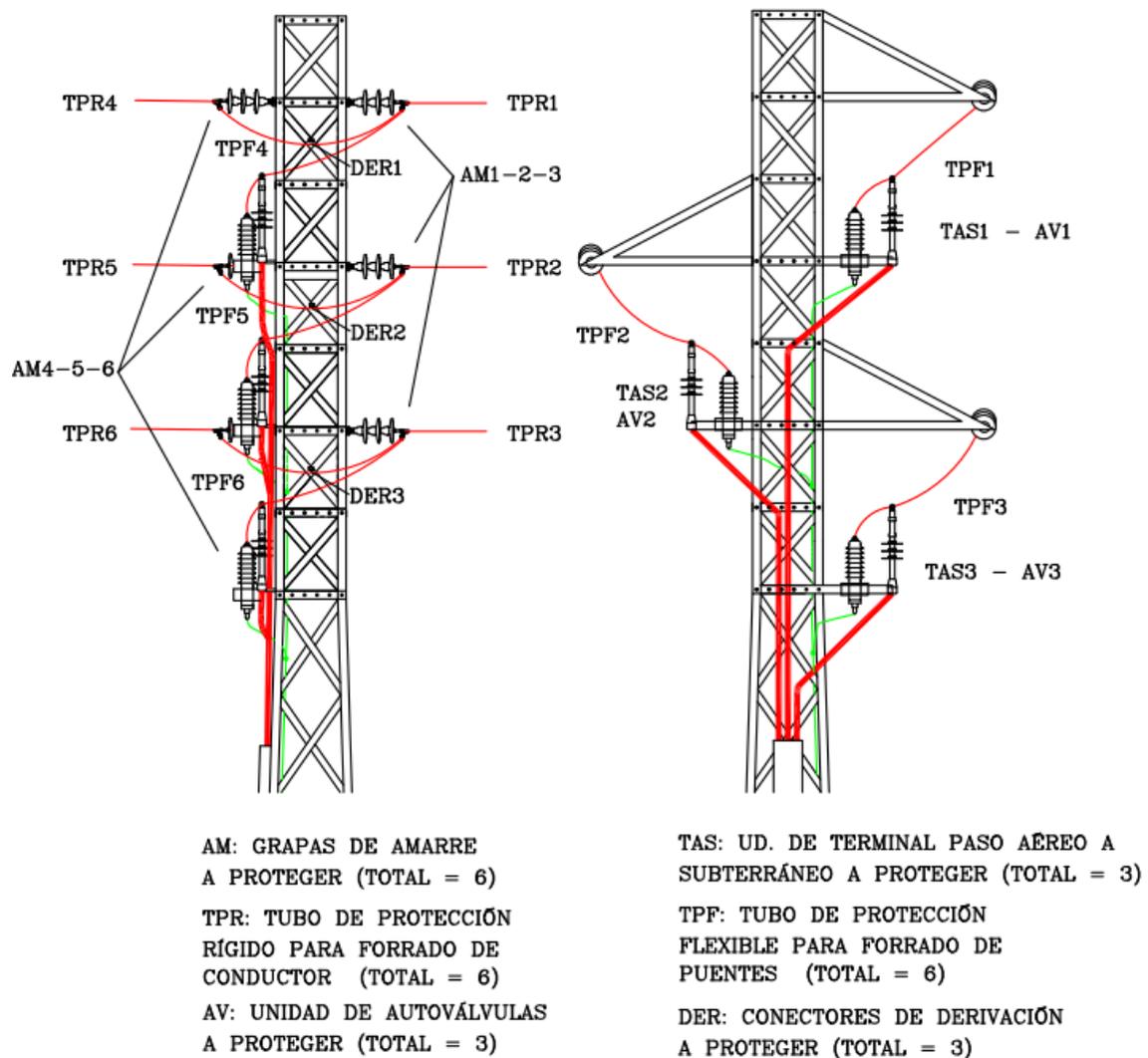


Figura 6-55. Apoyo con paso aéreo a subterráneo y continuación de línea tipo

6.7.8 Adecuar CT Tipo 1

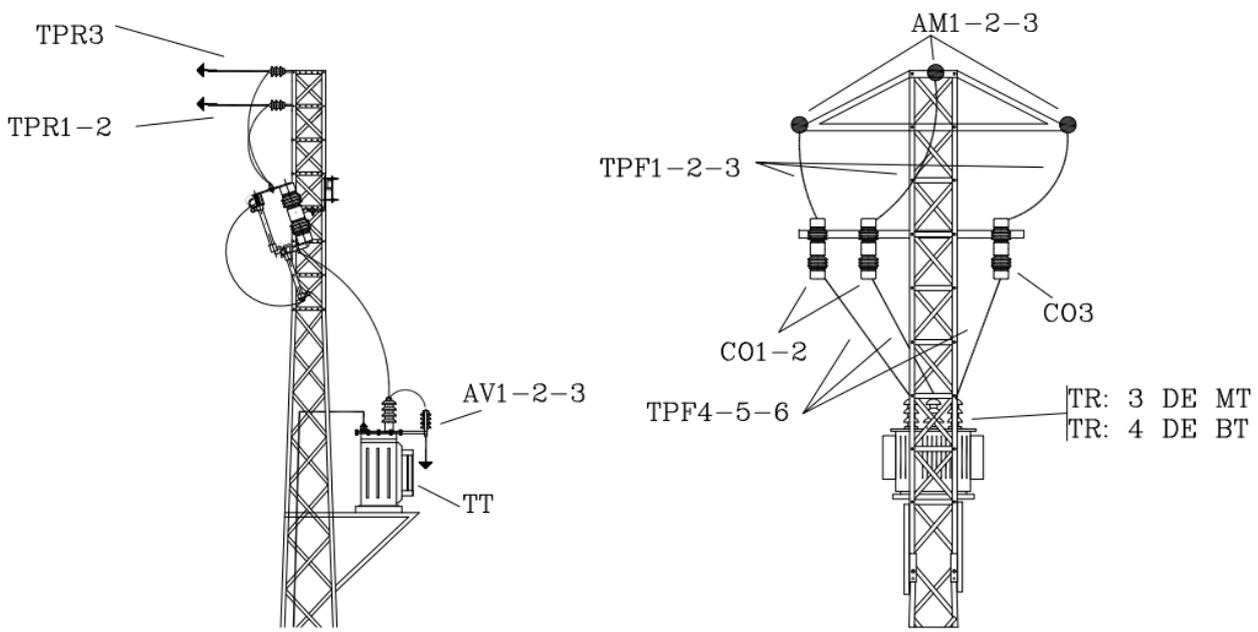
Comprende un CT con tres Cut-out, tres autoválvulas, y un transformador. Los elementos a instalar en el apoyo tipo son:

- AM: 3 Uds.
- CO: 3 Uds.
- AV: 3 Uds.
- TR: 7 Uds
- TPR: 3 Uds.
- TPF: 6 Uds.

Justificación:

Como se expresa en la breve explicación de este tipo de apoyo, consiste en un apoyo fin de línea con un centro de transformación de tipo intemperie. Por ello consta de 3 cadenas de amarre, a las cuales llega el circuito principal y ha de ser protegido con 3 tubos de protección de 1 metro aguas arriba del conjunto de amarre, 3 cut-out, para protección del transformador (se observa que en los tres tipos de apoyos con centro descritos, todos llevan una protección mediante fusible bien sean solos, con seccionadores o, en este caso, cut-out) y 3 autoválvulas para proteger al transformador frente a sobretensiones (del mismo modo, los tres tipos descritos constan de esta protección), los tubos de protección flexible para proteger las uniones de los elementos (los puentes) y finalmente llegamos a las protecciones de bornas del transformador, las cuales han de aislarse ya que todo el transformador se considera zona de posada. Son 7 los bornes a proteger, 3 de media tensión y 4 de baja tensión.

En el siguiente esquema (Figura 6-56) se aporta claridad a lo expuesto anteriormente con el conveniente recuento de elementos.



AM: GRAPAS DE AMARRE
A PROTEGER (TOTAL = 3)

CO: UNIDAD DE CUT-OUT
A PROTEGER (TOTAL = 3)

AV: UNIDAD DE AUTOVÁLVULAS
A PROTEGER (TOTAL = 3)

TR: UNIDAD DE BORNAS
MT/BT A PROTEGER (TOTAL = 7)

TPF: TUBO DE PROTECCIÓN
FLEXIBLE PARA FORRADO DE
PUENTES (TOTAL = 6)

TPR: TUBO DE PROTECCIÓN
RÍGIDO PARA FORRADO DE
CONDUCTOR (TOTAL = 3)

Figura 6-56. Apoyo CT T1

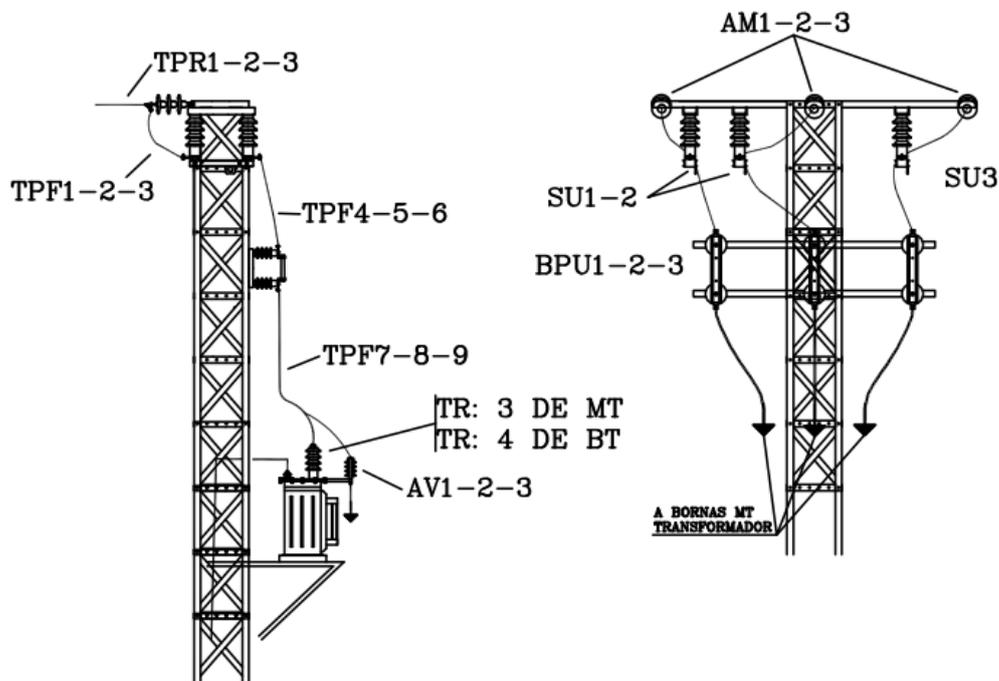
6.7.9 Adecuar CT Tipo 2

Comprende un CT con tres SU, tres BPU, tres autoválvulas, y un transformador. Los elementos a instalar en el apoyo tipo son:

- AM: 3 Uds.
- SU: 3 Uds.
- BPU: 3 Uds.
- AV: 3 Uds.
- TR: 7 Uds
- TPR: 3 Uds.
- TPF: 9 Uds.

Justificación:

De nuevo se trata de un centro de transformación de tipo intemperie que, a diferencia del caso anterior, consta de seccionadores unipolares, base portafusibles y autoválvulas. Todos los elementos han de ser protegidos al igual que en el caso anterior. En la Figura 6-57 se muestra la disposición de estos elementos.



AM: GRAPAS DE AMARRE
A PROTEGER (TOTAL = 3)

BPU: UD. DE BASE PORTAFUSIBLES
A PROTEGER (TOTAL = 3)

AV: UNIDAD DE AUTOVÁLVULAS
A PROTEGER (TOTAL = 3)

SU: UD. DE SECCIONADOR UNIPOLAR
A PROTEGER (TOTAL = 3)

TR: UNIDAD DE BORNAS
MT/BT A PROTEGER (TOTAL = 7)

TPF: TUBO DE PROTECCIÓN
FLEXIBLE PARA FORRADO DE
PUENTES (TOTAL = 9)

TPR: TUBO DE PROTECCIÓN
RÍGIDO PARA FORRADO DE
CONDUCTOR (TOTAL = 3)

Figura 6-57. Apoyo CT T2

6.7.10 Adecuar CT Tipo 3

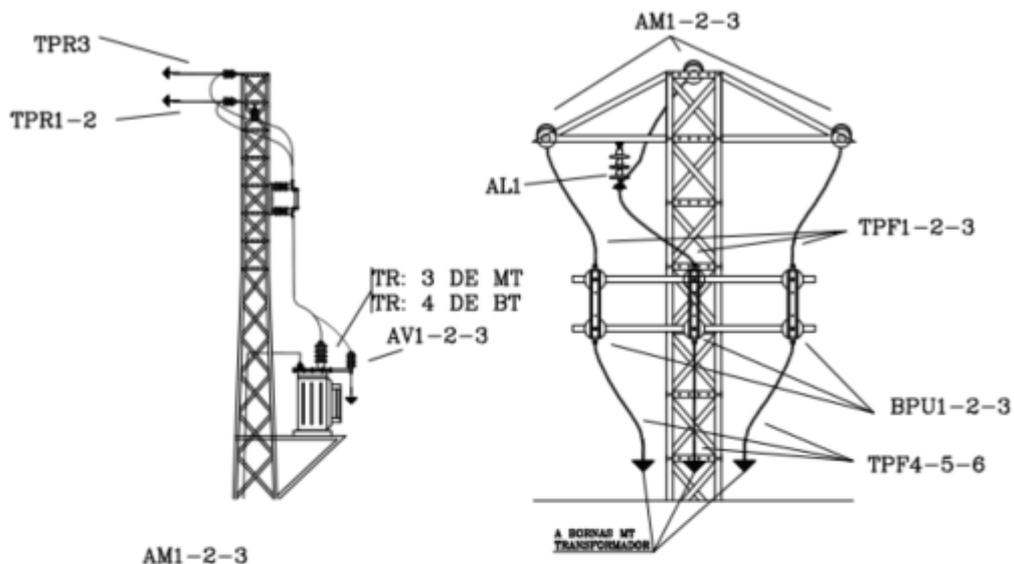
Comprende un CT con tres BPU, tres autoválvulas, y un transformador. Los elementos a instalar en el apoyo tipo son:

- **AM:** 3 Uds.
- **AL:** 1 Ud
- **BPU:** 3 Uds.
- **AV:** 3 Uds.
- **TR:** 7 Uds
- **TPR:** 3 Uds.
- **TPF:** 6 Uds.

Justificación:

En este caso, la única diferencia con el tipo 1 es que en vez de proteger 3 cut-out se han de proteger 3 bases portafusibles, siendo el resto de elementos a proteger, iguales y considerando que en un apoyo anterior y en la línea de visión con este apoyo dispone de 3 seccionadores unipolares.

En Figura 6-58 se muestra un esquema de esta configuración.



AM: GRAPAS DE AMARRE
A PROTEGER (TOTAL = 3)

BPU: UD. DE BASE PORTAFUSIBLES
A PROTEGER (TOTAL = 3)

AV: UNIDAD DE AUTOVÁLVULAS
A PROTEGER (TOTAL = 3)

AL: GRAPAS DE ALINEACIÓN
A PROTEGER (TOTAL = 1)

TR: UNIDAD DE BORNAS
MT/BT A PROTEGER (TOTAL = 7)

TPF: TUBO DE PROTECCIÓN
FLEXIBLE PARA FORRADO DE
PUENTES (TOTAL = 6)

TPR: TUBO DE PROTECCIÓN
RÍGIDO PARA FORRADO DE
CONDUCTOR (TOTAL = 3)

Figura 6-58. Apoyo CT T3

6.8 Cuadro resumen para la línea Indiano

Con todos los elementos descritos y realizadas las justificaciones pertinentes, se aborda el cuadro resumen de la línea objeto de adaptación para la protección frente a la avifauna:

- a) Cuadro inicial con los datos principales de la línea se muestra en Tabla 6-13.

Inicio	Fin	Long. Aérea (m)	Apoyos	Zona en planos
Apoyo 0	Apoyo 11	1797	11	1

Tabla 6-13. LAMT Indiano. Cuadro inicial

- b) Las características de los apoyos que componen la línea se muestran en la Tabla 6-14.

Código	Cad.	Caract.	Observaciones
1	AM	3 SU	Desinstalar seccionador tripolar en cabeza y sustituir por seccionadores unipolares.
2	AL		
3	AM		
4	AM	PAS	La derivación subterránea alimenta al CT conocido con el nombre de Charco Pajarito.
5	AM		
6	AM		
7	V		
8	AM		
9	AM		
10	AM	3 SU	
11	AM	CT T3	Desmontar autoválvulas y reubicar en el transformador. Desinstalar aislador rígido e instalar aislador de suspensión para hilo central.

Tabla 6-14. LAMT Indiano. Cuadro de características de los apoyos

c) Tabla 6-15 muestra las actuaciones a realizar en esta línea.

AL	AM	CO	SU	BPU	TR	DER	AV	TAS	TPR	TPF	AC
10	51	0	6	3	7	24	6	3	99	34	359

Tabla 6-15. LAMT Indiano. Cuadro de actuaciones a realizar

Justificación:

- AL: 3 x 1 apoyo de alineación + 6 x 1 apoyo tipo V + 1 x 1 CT T3 = 10
- AM: 6 x 7 apoyos de amarre + 6 x 1 apoyo paso aéreo a subterráneo con continuación + 3 x 1 CT T3 = 51
- CO: 0
- SU: 3 x 1 apoyo 1 + 3 x 1 apoyo 10 = 6
- BPU: 3 x 1 CT T3 = 3
- TR: 7 x 1 CT T3 = 7
- DER: 3 x 7 apoyos de amarre + 3 x 1 apoyo paso aéreo a subterráneo con continuación =
- AV: 3 x 1 apoyo paso aéreo a subterráneo con continuación + 3 x 1 CT T3 =
- TAS: 3 x 1 apoyo paso aéreo a subterráneo con continuación = 3
- TPR: 6 x 1 apoyo de alineación + 6 x 7 apoyos de amarre + 6 x 1 apoyo tipo V + 6 x 1 apoyo paso aéreo a subterráneo con continuación + 3 x 1 CT T3 = 99
- TPF: 3 x 7 apoyos de amarre + 1 x 1 apoyo tipo V + 6 x 1 apoyo paso aéreo a subterráneo con continuación + 6 x 1 CT T3 = 34
- AC: $\frac{1797}{5} = 359,4 \rightarrow 359$

6.9 Características de los sistemas de aislamiento y dispositivos salvapájaros a instalar

Si bien este apartado podría haberse introducido con anterioridad, uno de los requisitos de los proyectos según el RD 1432/2008 es la descripción de los elementos de protección de la avifauna a emplear, por ello se decide comentar dichas características en este capítulo, aportando imágenes que sirvan como acercamiento a la realidad de los esquemas y figuras desarrollados a lo largo del trabajo.

Los protectores han de estar fabricados en material termoplástico de alta calidad, con gran capacidad de aislamiento dieléctrico y buena resistencia ante las inclemencias climatológicas para garantizar una protección efectiva del apoyo durante su vida útil. Es conveniente que sean de fácil instalación para evitar el encarecimiento de la instalación de los dispositivos por el excesivo coste de la mano de obra ya sea para trabajos en tensión o sin tensión, por ello se prefieren aquellos sistemas de aislamiento que dispongan de cierres rápidos mediante clip.

Todos los materiales y equipos estarán identificados con sus características técnicas principales y aquellas características que los diferencien de otros equipos instalados, por tanto, han de incluir los siguientes datos:

- Nombre del fabricante.
- Tipo o clase de la pieza o equipos.
- Materiales de los que están fabricados.

- N° de fabricación.
- Fecha de fabricación.

A continuación, se presentan una serie de sistemas de aislamientos típicos que dan fidelidad a lo expuesto anteriormente y a los esquemas desarrollados en este trabajo. Las imágenes han sido extraídas del catálogo de RH Corporative International [10], un grupo de empresas del entorno de las ingenierías, compañías eléctricas (de distribución y generación de energía), contratistas especializados en sectores industriales y ferroviarios, con una fuerte influencia en el campo de fabricación e I+D de protecciones para avifauna, termoformados etc.

6.9.1 Medidas antielectrocución

- Aislamiento para grapas de suspensión (Figura 6-59).



Figura 6-59. Aislamiento para grapas de suspensión

- Aislamiento de las grapas de amarre (Figura 6-60).

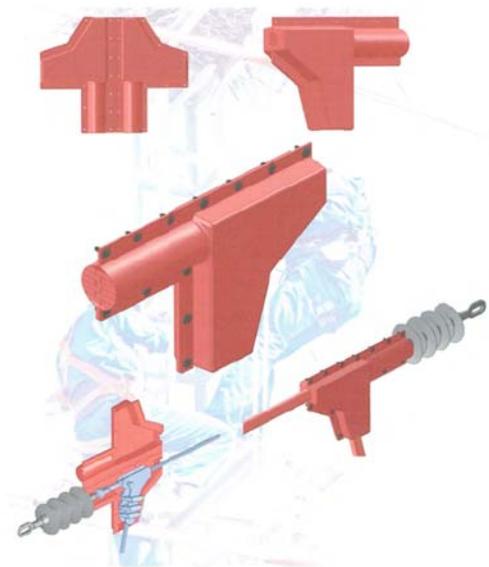


Figura 6-60. Aislamiento para grapas de amarre

- Aislamiento de los cables desnudos de aluminio-acero (tubos de protección) (Figura 6-61).



Figura 6-61. Aislamiento de cables desnudos. Tubos de protección

- Aislamiento de terminales de cables aislados en el paso de aéreo a subterráneo (Figura 6-62).

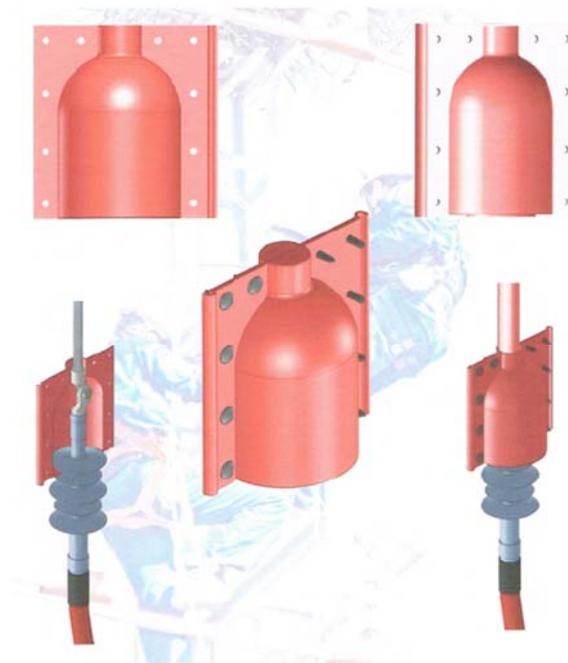


Figura 6-62. Aislamiento para las botellas terminales

- Aislamiento de seccionadores unipolares (Figura 6-63).

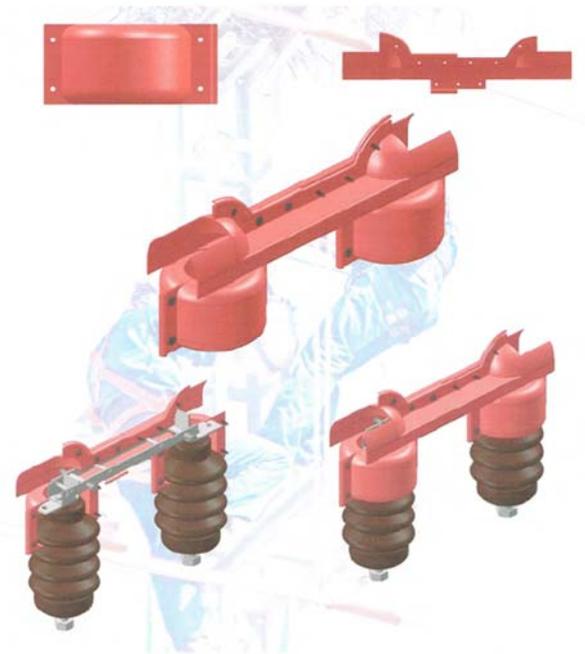


Figura 6-63. Aislamiento de seccionadores unipolares

- Aislamiento de seccionador fusible tipo Cut-out o Base portafusibles (Figura 6-64).



Figura 6-64. Aislamiento Cut-out o base portafusibles

- Aislamiento de terminales de Autoválvulas (Figura 6-65).

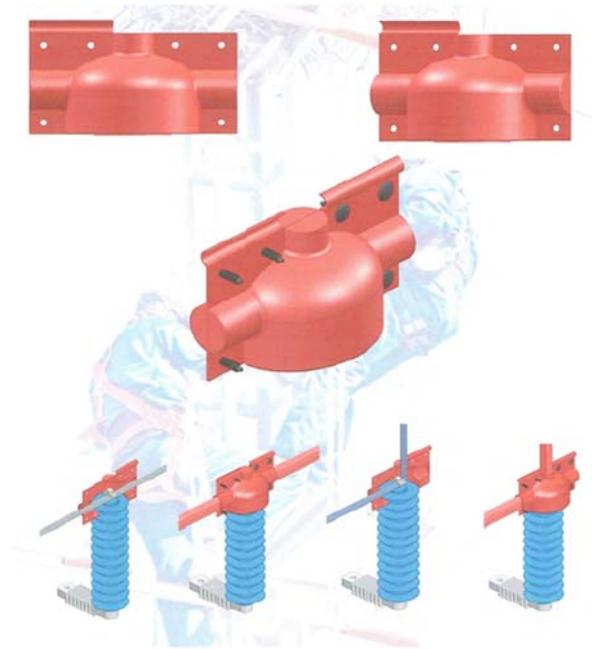


Figura 6-65. Aislamiento de terminales para autoválvulas

- Aislamiento de bornas de BT en transformadores (Figura 6-66).

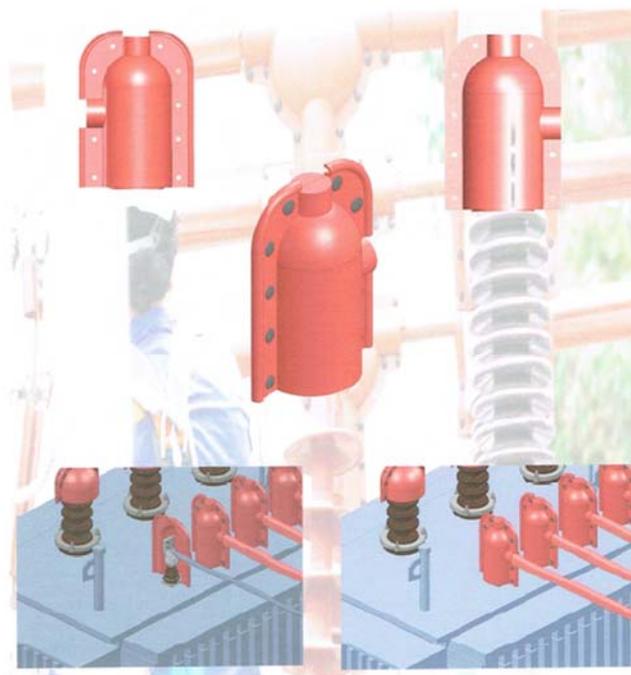


Figura 6-66. Aislamiento para bornas de baja tensión del transformador

- Aislamiento de bornas de MT en transformadores (Figura 6-67).

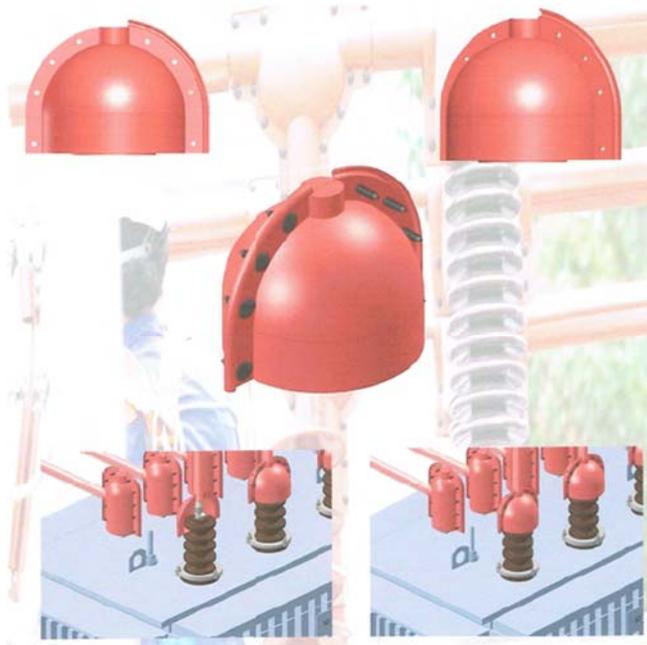


Figura 6-67. Aislamiento para bornas de media tensión del transformador

- Pieza de protección de conectores por cuña (Figura 6-68).



Figura 6-68. Protección de conectores por cuña

6.9.2 Medidas anticolidión

El dispositivo más común y extendido para prevenir la colisión de las aves es la espiral por su buen comportamiento a estos efectos, además de su robustez (Figura 6-69).



Figura 6-69. Medida anticolidión. Espiral

Sin embargo, existen otros dispositivos que cumplen con la misma función si bien, en comparación con la efectividad y robustez de las espirales a juicio de diferentes organismos medioambientales y del autor de este texto son menos efectivos. A continuación, se muestran algunos ejemplos:

- Aspas de polipropileno colocadas en X (que, además, viene recogido en el decreto 178/06), mostradas en la Figura 6-70.

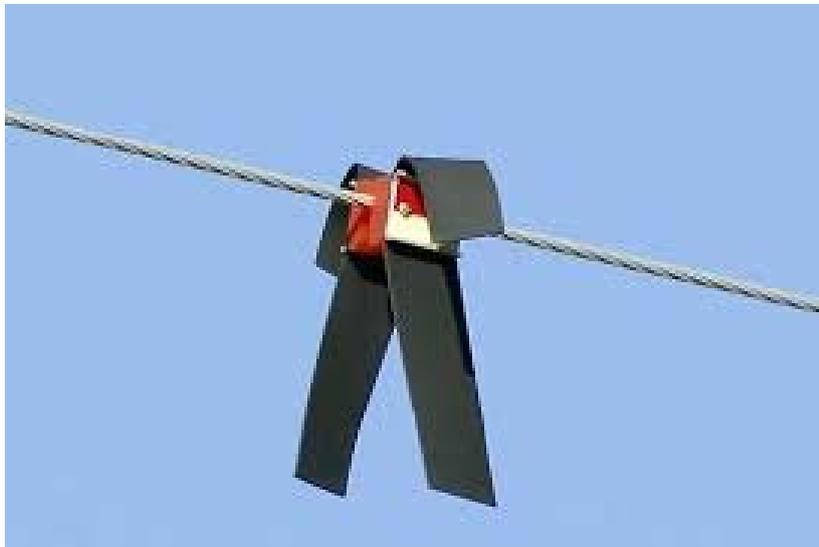


Figura 6-70. Medidas anticolidión. Aspas de polipropileno colocadas en X

- Dispositivos reflectantes (Figura 6-71).



Figura 6-71. Medidas anticolidión. Dispositivos reflectantes

6.10 Mediciones

Para concluir el Capítulo 6, en la Tabla 6-16 se muestran las mediciones resultantes de la adaptación para la avifauna de la línea de media tensión Indiano. Éstas se han elaborado con ayuda de la herramienta Presto.

Capítulo 1: Actuaciones en la línea			
Elemento	Cantidad	Precio unitario	Total
Resumen			
Desmante de seccionador tripolar	1	256.29	256.29
Desmontaje de seccionador tripolar, horizontal o vertical, tanto en postes de hormigón (HV) como apoyo metálico, incluido transporte material sobrante a punto limpio, trabajo sin tensión. Incluido transporte y acopio de materiales a pie de obra, p.p de transporte, montaje y consumo de combustible de grupo electrógeno para dejar la línea sin tensión o coste de brigada de trabajos en tensión, instalación, pruebas, puesta en servicio y costes de equipos de protección. Medida la unidad instalada.			
Conjunto 3 SU	1,00	385,12	385,12
Ud. de conjunto de 3 seccionadores unipolares para derivación de línea aérea o subterránea de Media tensión, incluido adaptación de crucetas, seccionadores, mano de obra, colocación y conexionado. Medida la unidad instalada y con los conductores conexionados.			
Conjunto de alineación	1,00	40,97	40,97

Ud. de conjunto de alineación de tres elementos, compuesta por tres aisladores de vidrio (O Poliméricos, según proyecto), horquilla bola, rotula, grillete y piezas especiales. Medida la unidad instalada y con los conductores conexionados.			
Conexión elementos MT CT intemperie			
	1,00	54,63	54,63
Ud. de conexión de los distintos elementos de MT, desde el amarre de línea hasta las bornas de MT del transformador, incluido materiales, varilla de CU o conductor LA-56 según proyecto, terminales y piezas especiales. Medida la unidad instalada con todos los elementos de MT conectados.			
Total Capítulo 1			
			857,01
Capítulo 2: Adaptación avifauna			
Elemento	Cantidad	Precio unitario	Total
Resumen			
Protección grapa de suspensión	10,00	52,40	524,00
Suministro y Montaje en grapa de suspensión tipo GS1 o GS2, de aislamiento BCIC - GA1, BCIC-GA2 o similar, con trabajo sin tensión. Incluido transporte y acopio de materiales a pie de obra, p.p de transporte, montaje y consumo de combustible de grupo electrógeno para dejar la línea sin tensión o coste de brigada de trabajos en tensión, instalación, pruebas, puesta en servicio y costes de equipos de protección. Medida la unidad instalada.			
Protección grapa de amarre	51,00	47,82	2.438,82
Suministro y Montaje en grapa amarre tipo GA1 o GA2, de aislamiento BCIC - GA1, BCIC-GA2 o similar, con trabajo sin tensión. Incluido transporte y acopio de materiales a pie de obra, p.p de transporte, montaje y consumo de combustible de grupo electrógeno para dejar la línea sin tensión o coste de brigada de trabajos en tensión, instalación, pruebas, puesta en servicio y costes de equipos de protección. Medida la unidad instalada.			
Protección Bornes Cut-Out	0,00	41,88	0,00
Suministro y montaje de protecciones y aislamiento de bornes de cut-out colocado sobre cruceta auxiliar o sobre cruceta de derivación, con			

protección preformada tipo beac o similar, con trabajo sin tensión. Incluido transporte y acopio de materiales a pie de obra, p.p de transporte, montaje y consumo de combustible de grupo electrógeno para dejar la línea sin tensión o coste de brigada de trabajos en tensión, instalación, pruebas, puesta en servicio y costes de equipos de protección. Medida la unidad instalada.			
Protección bornes Seccionador	6,00	41,88	251,28
Suministro y montaje de protecciones y aislamiento de bornes de seccionador colocado sobre cruceta auxiliar o sobre cruceta de derivación, con protección preformada tipo beac o similar, con trabajo sin tensión. Incluyendo transporte y acopio a pie de obra, su instalación, pruebas y puesta en servicio; así como repercutido el porcentaje de los costes de equipos de protección.			
Protección Bornes BPU	3,00	41,88	125,64
Suministro y montaje de protecciones y aislamiento de bornes de Base portafusibles unipolar colocado sobre cruceta auxiliar o sobre cruceta de derivación, con protección preformada tipo beac o similar, con trabajo sin tensión. Incluyendo transporte y acopio a pie de obra, su instalación, pruebas y puesta en servicio; así como repercutido el porcentaje de los costes de equipos de protección.			
Protección bornes Transformador	7,00	69,15	484,05
Suministro y montaje de protecciones y aislamiento de bornes de transformador, tanto de MT como de BT colocado sobre poste o apoyo, con protección preformada tipo BCIC o similar, con trabajo sin tensión. Incluyendo transporte y acopio a pie de obra, su instalación, pruebas y puesta en servicio; así como repercutido el porcentaje de los costes de equipos de protección.			
Prot. ampact derivación	24,00	38,65	927,60
Suministro y montaje de preformado para cuña de presión tipo AMPACT o similar, en conductor para conexión, derivación o puentes en cadenas de aisladores, con trabajo sin tensión. Incluyendo transporte y acopio a pie de obra, su instalación, pruebas y puesta en servicio; así como repercutido el porcentaje de los costes de equipos de protección.			
Protección bornes autoválvulas	6,00	51,03	306,18
Suministro y montaje de protecciones y aislamiento de bornes de autoválvula, colocado sobre cruceta auxiliar, sobre cruceta de			

derivación o sobre transformador, con protección preformada tipo BCAC o similar, con trabajo sin tensión. Incluyendo transporte y acopio a pie de obra, su instalación, pruebas y puesta en servicio; así como repercutido el porcentaje de los costes de equipos de protección.			
Protección terminal cable seco	3,00	49,51	148,53
Suministro y montaje de protecciones y aislamiento de bornes de terminal de cable, colocado sobre apoyo o cruceta, con protección preformada tipo BCIC o similar, con trabajo sin tensión. Incluyendo transporte y acopio a pie de obra, su instalación, pruebas y puesta en servicio; así como repercutido el porcentaje de los costes de equipos de protección.			
Protección conductor	99,00	28,74	2.845,26
Suministro y montaje de protecciones y aislamiento del conductor desnudo con tubo rígido tipo mvlc o similar y fijación varilla preformada, con trabajo sin tensión. Incluyendo transporte y acopio a pie de obra, su instalación, pruebas y puesta en servicio; así como repercutido el porcentaje de los costes de equipos de protección.			
Protección puentes	34,00	33,92	1.153,28
Suministro y montaje de aislamiento de protecciones de conductor desnudo de puentes o conexiones entre cadenas aisladores y entre equipos ubicados en apoyo o poste, aislando con tubo cobertor flexible mvcc o similar. Incluyendo transporte y acopio a pie de obra y su instalación. Así como repercutido el porcentaje de los costes de equipos de protección.			
Balizas salvapájaros	359,00	52,38	18.804,42
Suministro y montaje de baliza salvapájaros en espiral, de alta visibilidad para protección anticolidión de la avifauna con conductores desnudos en líneas aéreas de AT. Incluyendo transporte y acopio a pie de obra, su instalación, pruebas y puesta en servicio; así como repercutido el porcentaje de los costes de equipos de protección			
Total Capítulo 2			28.009,06
Total Capítulos 1 y 2			28.866,07

Tabla 6-16. Mediciones

7 CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Este trabajo ha pretendido ser un punto de partida ameno y directo para todos aquellos ingenieros y estudiantes que deseen aprender y conocer los medios existentes para proteger la avifauna y no solo eso, sino dar un repertorio de configuraciones y soluciones existentes hoy en día.

7.1 Conclusiones

En primer lugar, se demostró la riqueza en términos de avifauna que goza todo el territorio nacional. Multitud de aves desarrollan su actividad natural en el territorio, lo que justifica en gran medida la necesidad de proteger adecuadamente los apoyos y las instalaciones para prevenir la mortandad de las aves.

En este sentido, se expusieron los tipos de cortocircuitos y defectos que las aves pueden provocar en las distintas instalaciones mal protegidas, acompañadas de datos reales que reflejan el riesgo al que están expuestas, además de la justificable pérdida de calidad de suministro que estas provocan.

A continuación, se analizó en detalle la legislación que pretende proteger frente a la electrocución y colisión de las aves, tanto a nivel nacional como regional en Andalucía, extendiendo esta información mediante los anexos adjuntos a este trabajo de aquellas Zonas de Especial Protección para las Aves, Espacios Naturales Protegidos y humedales en Andalucía y el Catálogo Español de especies amenazadas con el objetivo de que el futuro proyectista tenga en cuenta la situación de las nuevas instalaciones.

Seguidamente, se aportaron una serie de soluciones reales para la adaptación efectiva de líneas eléctricas existentes, analizando para ello los tendidos y configuraciones más frecuentes en el paraje andaluz que no cumplen con los requisitos de la legislación vigente. Además, con estas configuraciones se ha pretendido evitar que para las nuevas líneas eléctricas se sigan estas configuraciones peligrosas para las aves, estableciendo una serie de configuraciones que han de evitarse y, en caso de no poderse, cómo adaptarlas convenientemente.

Finalmente se trató un proyecto de adaptación de una línea existente la cual discurre por una zona donde se hace necesaria la protección frente a la electrocución y la colisión, mostrando una metodología eficaz para el análisis de cada apoyo e instalación de la que se compone la línea de media tensión.

Una de las principales conclusiones que se desprende es que los gobiernos y autoridades competentes junto a diversos organismos medioambientales, trabajan en el día a día para proteger al resto de seres vivos que existen en el planeta, en este caso, enfocado en la protección de la avifauna.

En contra, a partir de las estadísticas mostradas en el Capítulo 3 se demuestra que aún falta mucho trabajo por hacer. Para empezar, las aves, como seres vivos que son, cambian sus costumbres y sus ámbitos por tanto es muy importante la delimitación y la actualización constante de todas las Zonas de Especial Protección para las Aves, humedales y todas aquellas zonas en las que la protección de las aves sea necesaria. También es importante que asociaciones medioambientales, ingenieros, distribuidoras, gobiernos y autoridades y todos aquellos involucrados sigan trabajando juntos para lograr establecer medidas y normativas técnicamente viables y eficaces. Resaltar nuevamente que, en ese sentido, las diversas normativas algunas veces introducen términos susceptibles de ser interpretados como puede ser la “zona de posada”. Por ello se debe también de trabajar para que las normativas sean adaptadas a los nuevos tiempos y más específicas en consonancia con lo expuesto anteriormente.

No menos importante, en el Capítulo 6, se demuestra en base a las mediciones que el presupuesto necesario para la adecuación de una línea de media tensión de 1.797 metros (aproximadamente 2 kilómetros), asciende a 28.866,07 euros. Si tomamos como valor medio 30.000 euros, se habla de 15.000 euros/kilómetro. Teniendo en cuenta la gran extensión de las líneas eléctricas, es un precio alto a pagar para la adecuación de una línea. Por ello, es necesario actuar de acuerdo a una solución de compromiso siendo conscientes de que a corto plazo no todas las líneas existentes pueden ser adaptadas y garantizando que las de nueva construcción si lo sean.

7.2 Futuras líneas de investigación

Por último, futuras líneas de investigación pueden ser el diseño de nuevos componentes o mecanismos para evitar la colisión y la electrocución de las aves. También, consecuencia de la creciente preocupación a nivel global por la basura, la contaminación, etc., tratar de usar materiales más duraderos o reciclables para la creación de las diversas protecciones vistas.

Además, por la experiencia del redactor de este texto, en numerosas ocasiones los tendidos eléctricos discurren por zonas de difícil acceso, como pueden ser colinas o montañas lejanas a zonas transitables como carriles o carreteras, aumentando la dificultad a la hora de supervisar los distintos apoyos. Por ello, sería una línea de investigación el analizar la viabilidad económica y técnica de usar equipos especializados en drones u otros métodos de supervisión avanzados para el registro de estos apoyos de difícil acceso.

Otra posible línea de investigación sería el análisis de la efectividad de los elementos disuasores de posadas como pueden ser los paraguas o las chapas metálicas. En este texto se ha puesto de manifiesto la reticencia a usar estos elementos ya que organismos medioambientales desconfían de su efectividad. Por ello, se podría investigar la efectividad real de los mismos o buscar nuevas herramientas destinadas a tal fin.

Por último, se podría investigar el efecto real en términos de calidad de suministro que las aves provocan cuando se produce la electrocución de las mismas y las pérdidas en términos económicos que estos defectos suponen ya que, como se ha comentado, el reglamento alude a este fenómeno, pero es difícil encontrar datos reales que respalden esta afirmación.

REFERENCIAS

[1] S. BirdLife, Guía de las aves comunes en España, 2020

[2] Nationalgeographic España, 2018. [En línea]. Aavailable:

https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/grandes-reportajes/21-aves-peligro-extincion-espana_13312#:~:text=%C3%81guila%20imperial%20ib%C3%A9rica%2D%20Aquila%20adalberti,Avetoro%20com%C3%BAn%20%2D%20Botaurus%20Stellaris&text=Arao%20com%C3%BAn%20%2D

[3] SEO BirdLife, «seo.org», agosto 2020. [En línea]. Aavailable:

<https://seo.org/2020/08/05/las-colisiones-de-aves-contra-lineas-electricas-podrian-estar-causando-la-muerte-de-cinco-millones-de-aves-al-ano-en-espana/>

[4] ecologistasenaccion.org, enero 2021. [En línea]. Aavailable:

<https://www.ecologistasenaccion.org/160728/proponen-10-medidas-para-acabar-con-la-mortalidad-de-aves-en-lineas-electricas/#:~:text=El%20Ministerio%20de%20Medio%20Ambiente,poDr%C3%ADa%20multiplicarse%20incluso%20por%2010>

[5] SEO BirdLife, «seo.org», septiembre 2020. [En línea]. Aavailable:

<https://seo.org/2020/09/29/el-86-de-las-aves-muertas-por-colision-con-tendidos-electricos-no-son-detectadas/>

[6] Real decreto 1432/2008

[7] Decreto 178/2006

[8] Resolución de 20 de noviembre de 2019

[9] Patrimonio natural y líneas eléctricas en la Región de Murcia, [En línea]. Available: https://murcianatural.carm.es/europa/life00214/pdf/documentacion/Manual_tendidos.pdf

[10] RH Corporative International, [En línea]. Available: <https://cirhe.com/>

A. Anexo 1: Zonas de Especial Protección para las Aves en Andalucía

En la siguiente Tabla A-17 se recogen las zonas de especial protección para las aves en Andalucía, de acuerdo al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Almería
Sierra Alhamilla
Cabo de Gata-Níjar
Desierto de Tabernas
Punta Entinas-Sabinar
Isla de Alborán
Albufera de Adra
Karst en Yesos de Sorbas
Sierra María - Los Vélez
Sierra Nevada
Cádiz
Doñana
Complejo endorreico de Espera
Laguna de Medina
Complejo endorreico de Chiclana
Complejo endorreico del Puerto de Santa María
Complejo endorreico de Puerto Real
Sierra de Grazalema
Los Alcornocales
Bahía de Cádiz
Peñón del Zaframagón

Estrecho
Cola del Embalse de Arcos
Cola del Embalse de Bornos
Estuario del Río Guadiaro
Marismas del Río Palmones
La Breña y Marismas del Barbate
Laguna de Las Canteras y El Tejón
Córdoba
Lagunas del Sur de Córdoba
Sierra de Hornachuelos
Sierra Norte de Sevilla
Embalse de Cordobilla
Embalse de Malpasillo
Sierra de Cardeña y Montoro
Sierras Subbéticas
Alto Guadiato
Sierra de Andújar
Granada
Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas
Sierra de Castril
Sierra Nevada
Acantilados de Maro-Cerro Gordo
Sierras de Tejeda, Almijara y Alhama
Huelva

Doñana
Marismas del Odiel
Sierra de Aracena y Picos de Aroche
Sierra Pelada y Rivera del Aserrador
Sierra Norte de Sevilla
Estero de Domingo Rubio
Marismas de Isla Cristina
Marismas del Río Piedras y Flecha del Rompido
Peñas de Aroche
Jaén
Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas
Sierra de Cardeña y Montoro
Sierra de Castril
Alto Guadalquivir
Cascada de Cimbarra
Despeñaperros
Sierra de Andújar
Sierra Mágina
Málaga
Sierra de Grazalema
Torcal de Antequera
Laguna de Fuente de Piedra
Los Alcornocales
Laguna de La Ratosa
Acantilados de Maro-Cerro Gordo
Desfiladero de Los Gaitanes

Los Reales de Sierra Bermeja
Sierra Crestellina
Sierra de Las Nieves
Sierras de Tejeda, Almajara y Alhama
Lagunas de Campillos
Sevilla
Doñana
Laguna de Fuente de Piedra
Sierra de Hornachuelos
Sierra de Aracena y Picos de Aroche
Sierra Norte de Sevilla
Brazo del Este
Embalse de Cordobilla
Embalse de Malpasillo
Complejo endorreico Lebrija-Las Cabezas
Peñón de Zaframagón
Laguna de La Ratosa
Complejo endorreico de Utrera
Laguna del Gosque
Campiñas de Sevilla

Tabla A-17. Zonas de Especial Protección Para las Aves en Andalucía

B. Anexo 2: Catálogo Español de especies amenazadas

En este catálogo (Tabla B-18) se incluyen las especies, subespecies o poblaciones cuya protección efectiva exija medidas específicas por parte de las Administraciones Públicas. Ha sido elaborado por parte del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y adaptado al presente trabajo.

Algunas aves están clasificadas en alguna de las cuatro categorías que se procede a describir a continuación:

- **En peligro de extinción:** Una especie, subespecie o población debe incluirse en esta categoría cuando los factores negativos que inciden sobre ella hacen que su supervivencia sea poco probable a corto plazo.
- **Sensibles a la alteración de su hábitat:** Un taxón, es decir, un grupo de una clasificación científica, deberá ser incluido en esta categoría cuando no estando en peligro de extinción se enfrenta a un riesgo de desaparición en la naturaleza a medio plazo debido principalmente a que ocupa un hábitat amenazado, en grave regresión, fraccionado o muy limitado.
- **Vulnerables:** Un taxón, en este caso un tipo de ave, será considerado como tal cuando sin estar en peligro de extinción se enfrenta a un riesgo de desaparición en la naturaleza a medio plazo.
- **De interés especial:** Taxones que, no cumpliendo los criterios para ser incluidos en las Categorías anteriores, presentan un valor particular en función a su interés científico, ecológico, cultural o por su singularidad.

AVES		
Familia de aves		
Grupo taxonómico		
Nombre científico	Nombre común	Categoría del Catálogo
GAVIIFORMES		
Gaviidae		
Gavia arctica	Colimbo ártico	
Gavia immer	Colimbo grande	
Gavia stellata	Colimbo chico	
PODICIPEDIFORMES		

Podicipedidae		
Podiceps auritus	Zampullín cuellirrojo	
Podiceps cristatus	Somormujo lavanco	
Podiceps nigricollis	Zampullín cuellinegro	
Tachybaptus ruficollis	Zampullín común	
PROCELLARIIFORMES		
Procellariidae		
Bulweria bulwerii	Petrel de Bulwer	
Calonectris diomedea borealis (ahora Calonectris borealis)	Pardela cenicienta (ahora Pardela cenicienta atlántica)	
Calonectris diomedea	Pardela cenicienta	Vulnerable
Fulmarus glacialis	Fulmar boreal	
Puffinus assimilis	Pardela chica	Vulnerable
Puffinus gravis	Pardela capirotada	
Puffinus griseus	Pardela sombría	
Puffinus mauretanicus	Pardela balear	En peligro de extinción
Puffinus	Pardela pichoneta	Vulnerable
Puffinus yelkouan	Pardela mediterránea	
Hydrobatidae		
Hydrobates pelagicus	Paño europeo	
Oceanodroma castro	Paño de Madeira	Vulnerable
Oceanodroma leucorhoa	Paño boreal	

Pelagodroma marina	Paíño pechialbo, Bailarín	Vulnerable
PELECANIFORMES		
Phalacrocoridae		
Phalacrocorax aristotelis	Cormorán moñudo	Vulnerable
Sulidae		
Morus bassanus	Alcatraz atlántico	
Threskiornithidae		
Geronticus eremita	Ibis eremita	
CICONIFORMES		
Ardeidae		
Ardea cinerea	Garza real	
Ardea purpurea	Garza imperial	
Ardeola ralloides	Garcilla cangrejera	Vulnerable
Bubulcus ibis	Garcilla bueyera	
Botaurus stellaris	Avetoro común	En peligro de extinción
Egretta alba	Garceta grande	
Egretta garzetta	Garceta común	
Ixobrychus minutus	Avetorillo común	
Nycticorax	Martinete común	

Ciconidae		
Ciconia	Cigüeña blanca	
Ciconia nigra	Cigüeña negra	Vulnerable
Threskiornithidae		
Platalea leucorodia	Espátula común	
Plegadis falcinellus	Morito común	
PHOENICOPTERIFORMES		
Phoenicopteridae		
Phoenicopus (ruber) roseus	Flamenco común	
ANSERIFORMES		
Anatidae		
Aythya marila	Porrón bastardo	
Aythya nyroca	Porrón pardo	En peligro de extinción
Branta bernicla	Barnacla carinegra	
Branta leucopsis	Barnacla cariblanca	
Bucephala clangula	Porrón osculado	
Marmaronetta angustirostris	Cerceta pardilla	En peligro de extinción
Oxyura leucocephala	Malvasía cabeciblanca	En peligro de extinción
Tadorna ferruginea	Tarro canelo	

Tadorna	Tarro blanco	
FALCONIFORMES		
Pandionidae		
Pandion haliaetus	Águila pescadora	Vulnerable
Accipitridae		
Accipiter gentilis	Azor común	
Accipiter nisus	Gavilán común	
Aegypius monachus	Buitre negro	Vulnerable
Aquila adalberti	Águila imperial ibérica	En peligro de extinción
Aquila chrysaetos	Águila real	
Buteo	Ratonero común	
Circaetus gallicus	Águila culebrera	
Circus aeruginosus	Aguilucho lagunero occidental	
Circus cyaneus	Aguilucho pálido	
Circus pygargus	Aguilucho cenizo	Vulnerable
Elanus caeruleus	Elanio común	
Gypaetus barbatus	Quebrantahuesos	En peligro de extinción
Gyps fulvus	Buitre leonado	
Hieraaetus fasciatus	Águila perdicera	Vulnerable
Hieraaetus pennatus	Águila calzada	
Milvus migrans	Milano negro	
Milvus	Milano real	En peligro de extinción

Neophron percnopterus	Alimoche común	Vulnerable
Neophron percnopterus majorensis	Alimoche canario	En peligro de extinción
Pernis apivorus	Halcón abejero	
Falconidae		
Falco columbarius	Esmerejón	
Falco eleonora	Halcón de Eleonora	
Falco naumanni	Cernícalo primilla	
Falco peregrinus pelegrinoides (antes Falco pelegrinoides)	Halcón tagarote	En peligro de extinción
Falco peregrinus	Halcón peregrino	
Falco subbuteo	Alcotán europeo	
Falco tinnunculus	Cernícalo común	
Falco vespertinus	Cernícalo patirrojo	
GALLIFORMES		
Tetraonidae		
Bonasa bonasia	Grévol	
Tetraonidae		
Lagopus muta	Lagópodo alpino	Vulnerable
Tetrao urogallus aquitanicus	Urogallo pirenaico	Vulnerable
Tetrao urogallus cantabricus	Urogallo cantábrico	En peligro de extinción

GRUIFORMES		
Turnicidae		
Turnix sylvatica	Torillo	En peligro de extinción
Gruidae		
Grus grus	Grulla común	
Rallidae		
Crex crex	Guión de codornices	
Fulica cristata	Focha cornuda o moruna	En peligro de extinción
Porphyrio porphyrio	Calamón común	
Porzana parva	Polluela bastarda	
Porzana porzana	Polluela pintoja	
Porzana pusilla	Polluela chica	
Otitidae		
Chlamydotis undulata	Avutarda hubara	En peligro de extinción
Otis tarda	Avutarda común	
Tetrax tetrax	Sisón común	Vulnerable
CHARADRIIFORMES		
Hematopodidae		
Haematopus ostralegus	Ostrero euroasiático	

Recurvirostridae		
Himantopus himantopus	Cigüeñuela común	
Recurvirostra avosetta	Avoceta común	
Burhinidae		
Burhinus oedienemus oedienemus/insularum	Alcaraván común, Alcaraván majorero	
Burhinus oedienemus distinctus	Alcaraván común	Vulnerable
Glareolidae		
Cursorius cursor	Corredor sahariano	
Cursorius cursor	Engaña	Vulnerable
Glareola pratincola	Canastera común	
Charadriidae		
Charadrius alexandrinus	Chorlitejo patinegro	
Charadrius alexandrinus	Chorlitejo patinegro	Vulnerable
Charadrius dubius	Chorlitejo chico	
Charadrius hiaticula	Chorlitejo grande	
Charadrius (Eudromias) morinellus	Chorlito carambolo	Vulnerable
Pluvialis apricaria	Chorlito dorado europeo	
Pluvialis squatarola	Chorlito gris	
Scolopacidae		

<i>Actitis hypoleucos</i>	Andarríos chico	
<i>Arenaria interpres</i>	Vuelvepiedras común	
<i>Calidris alba</i>	Correlimos tridáctilo	
<i>Calidris alpina</i>	Correlimos común	
<i>Calidris canutus</i>	Correlimos gordo	
<i>Calidris ferruginea</i>	Correlimos zarapitín	
<i>Calidris maritima</i>	Correlimos oscuro	
<i>Calidris minuta</i>	Correlimos menudo	
<i>Calidris temminckii</i>	Correlimos de Temminck	
<i>Limosa lapponica</i>	Aguja colipinta	
<i>Limosa limosa</i>	Aguja colinegra	
<i>Numenius arquata</i>	Zarapito real	
<i>Numenius arquata</i>	Zarapito real	En peligro de extinción
<i>Numenius phaeopus</i>	Zarapito trinador	
<i>Numenius tenuirostris</i>	Zarapito fino	
<i>Phalaropus fulicarius</i>	Faloropo picogruoso	
<i>Phalaropus lobatus</i>	Faloropo picofino	
<i>Philomachus pugnax</i>	Combatiente	
<i>Tringa erythropus</i>	Archibebe oscuro	
<i>Tringa glareola</i>	Andarríos bastardo	
<i>Tringa nebularia</i>	Archibebe claro	
<i>Tringa ochropus</i>	Andarríos grande	
<i>Tringa stagnatilis</i>	Archibebe fino	
<i>Tringa totanus</i>	Archibebe común	

Stercorariidae		
<i>Stercorarius parasiticus</i>	Págalo parásito	
<i>Stercorarius pomarinus</i>	Págalo pomarino	
<i>Stercorarius skua</i>	Págalo grande	
Laridae		
<i>Larus audouinii</i>	Gaviota de Audouin	Vulnerable
<i>Larus canus</i>	Gaviota cana	
<i>Larus genei</i>	Gaviota picofina	
<i>Larus marinus</i>	Gavión atlántico	
<i>Larus melanocephalus</i>	Gaviota cabecinegra	
<i>Larus minutus</i>	Gaviota enana	
<i>Rissa tridactyla</i>	Gaviota tridáctila	
Sternidae		
<i>Chlidonias hybridus</i>	Fumarel cariblanco	
<i>Chlidonias leucopterus</i>	Fumarel aliblanco	
<i>Chlidonias niger</i>	Fumarel común	En peligro de extinción
<i>Gelochelidon nilotica</i>	Pagaza piconegra	
<i>Sterna (Thalasseus) sandvicensis</i>	Charrán patinegro	
<i>Sterna albifrons</i>	Charrancito común	
<i>Sterna bengalensis</i>	Charrán bengalí	
<i>Sterna caspia</i>	Pagaza piquirroja	
<i>Sterna dougallii</i>	Charrán rosado	
<i>Sterna hirundo</i>	Charrán común	

Sterna paradisaea	Charrán ártico	
Alcidae		
Alca torda	Alca común	
Fratercula arctica	Frailecillo atlántico	
Uria aalge	Arao común	
Uria aalge	Arao común	En peligro de extinción
PTEROCLIFORMES		
Pteroclidae		
Pterocles alchata	Ganga común	Vulnerable
Pterocles orientalis	Ortega	Vulnerable
COLUMBIFORMES		
Columbidae		
Columba bollii	Paloma turqué	
Columba junoniae	Paloma rabiche	Vulnerable
CUCULIFORMES		
Cuculidae		
Clamator glandarius	Críalo europeo	

Cuculus canorus	Cuco	
STRIGIFORMES		
Tytonidae		
Tyto alba alba	Lechuza común	
Tyto alba gracilirostris	Lechuza majorera	Vulnerable
Strigidae		
Aegolius funereus	Mochuelo boreal	Vulnerable
Asio flammeus	Búho campestre	
Asio otus	Búho chico	
Athene noctua	Mochuelo común	
Bubo bubo	Búho real	
Otus scops	Autillo europeo	
Strix aluco	Cárabo común	
CAPRIMULGIFORMES		
Caprimulgidae		
Caprimulgus europaeus	Chotacabras europeo	
Caprimulgus ruficollis	Chotacabras pardo	
APODIFORMES		

Apodidae		
Apus apus	Vencejo común	
Apus caffer	Vencejo cafre	
Apus melba	Vencejo real	
Apus pallidus	Vencejo pálido	
Apus unicolor	Vencejo unicolor	
CORACIFORMES		
Alcedinidae		
Alcedo atthis	Martín pescador	
Coraciidae		
Coracias garrulus	Carraca	
Meropidae		
Merops apiaster	Abejaruco común	
Upupidae		
Upupa epops	Abubilla	
PICIFORMES		
Picidae		
Dendrocopos leucotos	Pico dorsiblanco	En peligro de extinción

Dendrocopos major	Pico picapinos	
Dendrocopos medius	Pico mediano	
Dendrocopos minor	Pico menor	
Dryocopus martius	Pito negro	
Jynx torquilla	Torcecuello	
Picus viridis	Pito real	
PASSERIFORMES		
Alaudidae		
Calandrella brachydactyla	Terrera común	
Calandrella rufescens	Terrera marismeña	
Chersophilus duponti	Alondra de Dupont o ricotí	Vulnerable
Galerida cristata	Cogujada común	
Galerida theklae	Cogujada montesina	
Lullula arborea	Totovía	
Melanocorypha calandra	Calandria común	
Hirundinidae		
Delichon urbicum	Avión común	
Hirundo daurica	Golondrina daúrica	
Hirundo rustica	Golondrina común	
Ptyonoprogne rupestris	Avión roquero	
Riparia riparia	Avión zapador	

Motacillidae		
Anthus berthelotii	Bisbita caminero	
Anthus campestris	Bisbita campestre	
Anthus cervinus	Bisbita gorgirrojo	
Anthus petrosus	Bisbita costero	
Anthus pratensis	Bisbita común	
Anthus spinoletta	Bisbita alpino	
Anthus trivialis	Bisbita arbóreo	
Motacilla alba	Lavandera blanca	
Motacilla cinerea	Lavandera cascadeña	
Motacilla flava	Lavandera boyera	
Cinclidae		
Cinclus cinclus	Mirlo acuático	
Troglodytidae		
Troglodytes troglodytes	Chochín	
Prunellidae		
Prunella collaris	Acentor alpino	
Prunella modularis	Acentor común	
Turdidae		
Cercotrichas galactotes	Alzacola	Vulnerable
Erithacus rubecula	Petirrojo	

<i>Luscinia megarhynchos</i>	Ruiseñor común	
<i>Luscinia svecica</i>	Pechiazul	
<i>Monticola saxatilis</i>	Roquero rojo	
<i>Monticola solitarius</i>	Roquero solitario	
<i>Oenanthe hispanica</i>	Collalba rubia	
<i>Oenanthe leucura</i>	Collalba negra	
<i>Oenanthe oenanthe</i>	Collalba gris	
<i>Phoenicurus ochruros</i>	Colirrojo tizón	
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	Colirrojo real	Vulnerable
<i>Saxicola dacotiae</i>	Tarabilla canaria	Vulnerable
<i>Saxicola rubetra</i>	Tarabilla norteña	
<i>Saxicola torquata</i>	Tarabilla común	
<i>Turdus torquatus</i>	Mirlo capiblanco	
Sylviidae		
<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	Carricero tordal	
<i>Acrocephalus melanopogon</i>	Carricerín real	
<i>Acrocephalus paludicola</i>	Carricerín cejudo	
<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	Carricerín común	
<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	Carricero común	
<i>Cettia cetti</i>	Ruiseñor bastardo	
<i>Cisticola juncidis</i>	Buitrón	
<i>Hippolais icterina</i>	Zarcero icterino	
<i>Hippolais pallida</i>	Zarcero pálido	
<i>Hippolais polyglotta</i>	Zarcero común	

Locustella luscinioides	Buscarla unicolor	
Locustella naevia	Buscarla pintoja	
Phylloscopus bonelli	Mosquitero papialbo	
Phylloscopus canariensis	Mosquitero canario	
Phylloscopus collybita	Mosquitero común	
Phylloscopus ibericus	Mosquitero ibérico	
Phylloscopus sibilatrix	Mosquitero silbador	
Phylloscopus trochilus	Mosquitero musical	
Regulus ignicapillus	Reyezuelo listado	
Regulus regulus	Reyezuelo sencillo	
Sylvia atricapilla	Curruca capirotada	
Sylvia borin	Curruca mosquitera	
Sylvia cantillans	Curruca carrasqueña	
Sylvia communis	Curruca zarcera	
Sylvia conspicillata	Curruca tomillera	
Sylvia curruca	Curruca zarcerilla	
Sylvia hortensis	Curruca mirlona	
Sylvia melanocephala	Curruca cabecinegra	
Sylvia balearica (= S. sarda)	Curruca sarda o balear	
Sylvia undata	Curruca rabilarga	
Muscicapidae		
Ficedula hypoleuca	Papamoscas cerrojillo	
Muscicapa striata	Papamoscas gris	

Timaliidae		
Panurus biarmicus	Bigotudo	
Aegithalidae		
Aegithalos caudatus	Mito	
Paridae		
Periparus ater	Carbonero garrapinos	
Cyanistes caeruleus	Herrerillo común	
Lophophanes cristatus	Herrerillo capuchino	
Parus major	Carbonero común	
Poecile palustris	Carbonero palustre	
Sittidae		
Sitta europaea	Trepador azul	
Tichodromadidae		
Tichodroma muraria	Treparriscos	
Certhiidae		
Certhia brachydactyla	Agateador común	
Certhia familiaris	Agateador norteño	
Remizidae		
Remiz pendulinus	Pájaro moscón	

Oriolidae		
Oriolus oriolus	Oropéndola	
Laniidae		
Lanius collurio	Alcaudón dorsirrojo	
Lanius meridionalis	Alcaudón real meridional	
Lanius minor	Alcaudón chico	En peligro de extinción
Lanius senator	Alcaudón común	
Corvidae		
Cyanopica cyanus	Rabilargo	
Pyrrhocorax graculus	Chova piquigualda	
Pyrrhocorax pyrrhocorax	Chova piquirroja	
Passeridae		
Montifringilla nivalis	Gorrión alpino	
Petronia petronia	Gorrión chillón	
Fringillidae		
Bucanetes githagineus	Camachuelo trompetero	
Carduelis spinus	Lúgano	
Coccothraustes coccothraustes	Picogordo	
Fringilla coelebs	Pinzón vulgar	
Fringilla montifringilla	Pinzón real	

Fringilla teydea polatzeki	Pinzón azul de Gran Canaria	En peligro de extinción
Fringilla teydea teydea	Pinzón azul de Tenerife	Vulnerable
Loxia curvirostra	Piquituerto común	
Pyrrhula pyrrhula	Camachuelo común	
Serinus citrinella	Verderón serrano	
Emberizidae		
Emberiza cia	Escribano montesino	
Emberiza cirlus	Escribano soteño	
Emberiza citrinella	Escribano cerillo	
Emberiza hortulana	Escribano hortelano	
Emberiza schoeniclus schoeniclus	Escribano palustre	
Emberiza schoeniclus whiterby/lusitanica	Escribano palustre	En peligro de extinción
Plectrophenax nivalis	Escribano nival	

Tabla B-18. Catálogo Español de Especies Amenazadas

C. Anexo 3: Inventario de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía

Este inventario (Tabla C-19) viene definido en el artículo 2.1.d) de la Ley 2/1989 de 18 de julio. Se distingue entre:

- Parajes naturales: Son parajes naturales aquellos espacios que se declaren como tales por Ley del Parlamento Andaluz con la finalidad de atender a la conservación de su flora, fauna, constitución geomorfológica, especial belleza u otros componentes de muy destacado rango natural.
- Parques periurbanos: Se entiende por parques periurbanos aquellos espacios naturales situados en las proximidades de un núcleo urbano, hayan sido o no creados por el hombre, que sean declarados como tales con el fin de adecuar su utilización a las necesidades recreativas de las poblaciones en función de las cuales se declara.
- Reservas naturales concertadas: Se entiende por reserva natural concertada aquellos predios que, sin reunir los requisitos objetivos que caracterizan las figuras declarativas previstas en los apartados anteriores y en la legislación básica estatal, merezcan una singular protección y que sus propietarios insten de la Administración ambiental la aplicación en los mismos de un régimen de protección concertado. A tal objeto, previo acuerdo del Consejo de Gobierno, la Agencia de Medio Ambiente podrá celebrar convenios de colaboración con los interesados en donde se concretarán los distintos regímenes de protección aplicables y los usos permitidos, en atención a las características de cada predio en particular.

Reservas naturales (Artículo 5):
Albufera de Adra (Almería)
Punta Entinas-Sabinar (Almería)
Lagunas de Las Canteras y El Tejón (Cádiz)
Peñón de Zaframagón (Cádiz-Sevilla)
Laguna de El Portil (Huelva)
Laguna Honda (Jaén)
Laguna del Chinche
Lagunas de Archidona (Málaga)
Laguna Grande
Laguna Chica
Lagunas de Campillos (Málaga)
Laguna Dulce
Laguna Salada
Laguna de Camuñas
Laguna de Capacete
Laguna del Cerero
Laguna de La Ratosa (Málaga)
Complejo Endorreico de La Lentejuela (Sevilla)
Laguna Calderón Chica
Laguna de Ballestera
Complejo Endorreico de Lebrija-Las Cabezas (Sevilla)
Laguna del Pílon
Laguna de La Galiana
Laguna de la Peña
Laguna del Taraje
Laguna de la Cigarrera
Laguna de Charroao

Complejo Endorreico de Utrera (Sevilla)
Laguna de Zarracatín
Laguna de la Alcaparrosa
Laguna de Arjona
Laguna del Gosque (Sevilla)
Parajes naturales (Artículo 6)
Desierto de Tabernas (Almería)
Karst en Yesos de Sorbas (Almería)
Punta Entinas-Sabinar (Almería)
Sierra Alhamilla (Almería)
Cola del embalse de Arcos (Cádiz)
Cola del embalse de Bornos (Cádiz)
Estuario del río Guadiaro (Cádiz)
Isla del Trocadero (Cádiz)
Marismas de Sancti Petri (Cádiz)
Marismas del río Palmones (Cádiz)
Playa de los Lances (Cádiz)
Embalse de Cordobilla (Córdoba-Sevilla)
Embalse de Malpasillo (Córdoba-Sevilla)
Enebrales de Punta Umbría (Huelva)
Estero de Domingo Rubio (Huelva)
Lagunas de Palos y Las Madres (Huelva)
Marismas de Isla Cristina (Huelva)
Marismas del río Piedras y Flecha del Rompido (Huelva)
Peñas de Aroche (Huelva)
Sierra Pelada y Rivera del Aserrador (Huelva)
Alto Guadalquivir (Jaén)

Cascada de Cimbarra (Jaén)
Laguna Grande (Jaén)
Acantilados de Maro-Cerro Gordo (Málaga-Granada)
Desembocadura del Guadalhorce (Málaga)
Desfiladero de los Gaitanes (Málaga)
Los Reales de Sierra Bermeja (Málaga)
Sierra Crestellina (Málaga)
Torcal de Antequera (Málaga)
Brazo del Este (Sevilla)
Parques naturales (Artículo 7)
Acantilado y pinar de Barbate (Cádiz)
Bahía de Cádiz (Cádiz)
Los Alcornocales (Cádiz-Málaga)
Sierra de Cardeña y Montoro (Córdoba)
Sierra de Hornachuelos (Córdoba)
Sierra de Baza (Granada)
Sierra de Castril (Granada)
Sierra de Huétor (Granada)
Sierra Nevada (Granada-Almería)
Entorno de Doñana (Huelva-Cádiz-Sevilla)
Sierra de Aracena y Picos de Aroche (Huelva)
Despeñaperros (Jaén)
Sierra de Andújar (Jaén)
Sierra Mágina (Jaén)
Montes de Málaga (Málaga)
Sierra de las Nieves (Málaga)
Sierra Norte de Sevilla (Sevilla)

Tabla C-19. Inventario de Espacios Naturales Protegidos en Andalucía

D. Anexo 4: Inventario de humedales de Andalucía

Definición de humedal: Un humedal es una zona de tierra, generalmente plana cuya superficie se inunda de forma permanente o intermitente. Constituye un ecosistema híbrido entre los medios puramente acuáticos y los terrestres. El plan Andaluz de humedales, recoge la siguiente clasificación (Tabla D-20) de los presentes en Andalucía con el objetivo de facilitar su planificación, ordenación, gestión y protección.

Almería
Charcones de Punta Entinas
Laguna de la Gravera
Rambla Morales
Salinas de Cerrillos
Cañada de las Norias
Balsa del Sabinar
Albufera Honda
Albufera Nueva
Salinas de Cabo de Gata
Ribera de la Algaida
Balsa de Barjalí
Balsa de Caparidán
Balsa de la Chanata
Balsa del Calabrial
Balsón de las Hoyuelas
Balsa de Barroso
Río Antas
Cádiz
Cola del Embalse de Bornos
Cola del Embalse de Bornos
Bahía de Cádiz

Laguna de las Canteras
Laguna del Perezoso
Laguna del Picacho
Laguna de Montellano
Laguna del Taraje
Laguna del Tarelo
Laguna del Tejón
Laguna Dulce de Zorrilla
Laguna Playa de los Lances
Laguna Salada
Lagunetas de Alcalá
Marisma de Bonanza
Codo de la Esparraguera
Laguna de Los Tollos
Humedales Intermareales de Castilnovo
Marisma de Casa Blanca
Laguna de la Paja
Desembocadura del Río Guadiaro
Marismas del Río Palmones
Marismas del Río Palmones
Charca de la Camilla
Cola del Embalse de Arcos
Salina de Santa María
Laguna de Jeli
Laguna de Medina
Laguna Hondilla
Marismas del Barbate
Laguna Juncosa

Laguna Chica
Laguna Salada de Zorrilla
Laguna del Comisario
Lagunas Interdunarares del Cabo de Trafalgar
La Breña y Marismas del Barbate
Laguna de San Antonio
Córdoba
El Navazuelo
La Nava Alta de Cabra
Laguna de Molina Ramírez
Laguna de Santiago
Laguna Dulce
Los Sotos de la Albolafia
Embalse de Cordobilla
Laguna del Donadío
Laguna de la Quinta
Laguna del Rincón del Muerto
Laguna del Taraje
Laguna del Remendado
Embalse de Malpasillo
Laguna Amarga
Laguna de los Jarales
Laguna de Tíscar
Laguna de Zóñar
Laguna del Conde o Salobral
Laguna del Rincón

Laguna del Jarambel
Laguna de Casasola
Laguna de Cortijo Viejo
Laguna de Curado
Laguna de la Roa
Laguna de Navarredonda
Laguna de Vadohondo
Laguna del Butaquillo
Laguna de Consuegra
Laguna de la Jarata
Laguna de la Gamonosa
Laguna de San Cristóbal
Granada
Turberas de Padul
Laguna del Rico
Laguna del Concejo
Laguna Grande de Granada
Nacimientos del Parrica
Charca Suárez
Charco del Negro
Laguna Larga
Saladar de El Margen
Cola del Embalse del Negratín
Laguna de las Trincheras
Laguna Seca
Lagunas de Sierra Nevada
Pantaneta de Alhama

Charco de Las Fuentes I
Charco de Las Fuentes II
Charco del Alcántar
Charco del Cantón
Charco del Jabalí
Charco del Pozuelo
Charco del Ranchuelo
Laguna del Puerto
Barranco del Agua
Pantaneta del Barranco de la cueva de Funes
Humedales de Baza
Charcas de Alazores
Huelva
Corrales del sistema de dunas móviles de Doñana
La Rocina
Laguna de la Jara
Laguna de la Mujer
Laguna de las Madres
Laguna de las Pajas
Estero Domingo Rubio
Laguna de Gamonales
Laguna de la Dehesilla
Laguna del Medio o de los Barracones
Laguna del Cuervo
Laguna del Chaparral
Laguna Primera de Palos

Lagunas de Coto del Rey
Lagunas del Abalarío
Lagunas Peridunares de Doñana
Navazos y llanos de Marismillas
Plana de inundación del Partido
Turberas de Ribatehilos
Marisma de Doñana
Humedal Dunas del Odiel
Laguna Dehesa del Estero
Laguna del Águila
Laguna de Doña Elvira
Gravera de Manzorrales
Lagunas de Matalagrana
Gravera de la Balastreira
Marismas de Isla Cristina
Laguna de El Portil
Marismas del Odiel
Marismas del Río Piedras y Flecha del Rompido
Isla de San Bruno
Marisma de las Carboneras
Marismas y Riberas del Tinto
Laguna de los Caballos
Jaén
Laguna de Orcera
Laguna de Siles
Laguna de Valdeazores
Laguna de Hituelo

Lagunas de Brujuelo y Cirueña
Laguna de Argamasilla
Laguna de los Perales
Laguna de Garcéz
Laguna de Casillas
Laguna de las Navas
Laguna de Naranjeros y Rumpisaco
Prados del Moral
Laguna del Chinche
Embalse de Pedro Marín
Embalse del Puente de la Cerrada
Embalse de Doña Aldonza
Laguna Grande
Laguna Honda
Málaga
Laguna de Cantarranas
Laguna de Capacete
Laguna de Lobón
Herriza de los Ladrones
Laguna del Cerero
Laguna Redonda
Laguneto del Pueblo
Laguna de los Prados
Desembocadura del Río Vélez
Laguna de Viso
Laguna de Caja

Laguna del Chaparral
Laguna de Cortijo Grande
Laguna de la Marcela
Laguna de Toro
Laguna de Fuente de Piedra
Laguna de Herrera
Laguna Salada de Campillos
Laguna Dulce de Campillos
Laguna de Camuñas
Laguna de la Ratosa
Laguna Chica de Archidona
Laguna Grande de Archidona
Desembocadura del Río Guadalhorce
Sevilla
Corredor Verde del Guadiamar
Brazo del Este
Cañada de los Pájaros
Laguna de la Dehesa de Abajo
Laguna de la Peña
Laguna de Calderón Chica
Laguna del Arroyo Sajón
Veta la Palma
Pantaneta de Capellanías
Laguna de Coripe
Laguna del Gobierno
Laguna de la Ventosilla
Laguna de la Malagueña

Humedal el Pantano
Laguna del Grillo
Laguna de Terrosillo
Humedal de Cerro de las Cigüeñas
Laguna de Ruíz Sánchez
Laguna de San Lázaro
Laguna de Arjona
Laguna de la Alcaparrosa
Laguna de Zarracatín
Laguna de Calderón Grande
Laguna de la Ballestera
Laguna del Pílon
Laguna del Taraje
Laguna de la Galiana
Laguna del Charroao
Laguna de la Cigarrera
Laguna del Gosque
Laguna de las Turquillas
Hoya de la Huerta
Laguna de la Cruz
Laguna de la Consuegra
Laguna Verde de Sal
Laguna de Pedro López
Laguna de la Checa
Laguna de Ojuelos

Tabla D-20. Inventario de humedales de Andalucía

ÍNDICE DE CONCEPTOS

- **Aislador:** Elemento que aísla y soporta los conductores de una línea eléctrica en los apoyos.
- **Aislador de amarre:** Aislador en posición horizontal donde ha sido fijado el conductor y que soporta el tensado de la línea.
- **Aislador suspendido:** Aislador dispuesto por debajo de los travesaños del armado.
- **Alargadera:** Elemento sin tensión que se coloca entre la cruceta y el comienzo de la cadena de aisladores para aumentar la distancia entre el conductor y el armado o cruceta.
- **Ampliaciones o modificaciones de líneas eléctricas aéreas de alta tensión ya existentes:** Aquellas que impliquen cambios en los apoyos o crucetas, en los que se pueda variar las distancias entre los conductores para adaptarse a este Real Decreto y cumplir con el resto de requisitos reglamentarios, sin modificaciones adicionales en el resto de la línea
- **Apoyo o poste:** Estructura de metal, madera, hormigón, o de otros materiales apropiados, que soporta los conductores en un tendido eléctrico y al que se fijan de modo directo en su caso los cables de tierra. Está formado por el fuste y el armado.
- **Apoyo de alineación:** Apoyo de suspensión, amarre o anclaje usado en un tramo rectilíneo de la línea.
- **Apoyo de amarre:** Apoyo con cadenas de aislamiento de amarre
- **Apoyo de derivación:** Apoyos que sirven para derivar nuevos ramales de la red.
- **Apoyo de principio o fin de línea:** Son los apoyos primero y último de la línea con cadenas de aislamiento de amarre destinados a soportar en sentido longitudinal las solicitaciones del haz completo de conductores en un solo sentido.
- **Apoyo de suspensión:** Apoyo con cadenas de aislamiento de suspensión.
- **Apoyo de anclaje:** Apoyo con cadenas de aislamiento de amarre destinado a proporcionar un punto firme en la línea y que limita los esfuerzos longitudinales de carácter excepcional.
- **Áreas prioritarias de reproducción, alimentación y dispersión de las aves:** Áreas con presencia regular de alguna de las especies incluidas en el Catálogo Español de Especies Amenazadas, o en los Catálogos Autonómicos, en un período de tres años consecutivos.
- **Armado:** Estructura del apoyo que sirve para anclar los aisladores que sujetan los conductores.
- **Cable de tierra:** Conductor conectado a tierra en alguno o en todos los apoyos, dispuesto generalmente aunque no necesariamente, por encima de los conductores de fase, con el fin de asegurar una determinada protección frente a descargas atmosféricas.
- **Cadenas de aisladores:** Conjunto de aisladores dispuestos uno detrás de otro.
- **Conductor:** Cable de metal que transporta energía eléctrica en un tendido eléctrico.
- **Cruceta:** La misma definición que «Armado».
- **Distancia mínima de seguridad «d»:** La comprendida entre la punta de la cruceta y la grapa de amarre.
- **Disuasor de posada:** Dispositivo externo colocado sobre las crucetas para evitar que se posen las aves.
- **Fusible:** Elemento que interrumpe el circuito eléctrico en caso de una sobreintensidad

GLOSARIO

- **SEO:** Sociedad Española de Ornitología
- **RD:** Real Decreto
- **ZEPA:** Zona de Especial Protección para las Aves
- **CT:** Centro de Transformación
- **ITC:** Instrucción Técnica Complementaria
- **LAMT:** Línea Aérea de Media Tensión
- **AL:** Ud. grapas de alineación a proteger
- **AM:** Ud. grapas de amarre a proteger
- **CO:** Ud. de cut out a proteger
- **SU:** Ud. de seccionadores unipolares a proteger
- **BPU:** Ud. de bases portafusibles unipolares a proteger
- **TR:** Ud. de bornas MT / BT del transformador a proteger
- **DER:** Conectores de derivación a proteger
- **AV:** Ud. de autoválvulas a proteger
- **TAS:** Ud. de terminal paso aéreo a subterráneo a proteger
- **TPR:** Ud. de tubo protector rígido para forrado conductor
- **TPF:** Ud. De tubo protector flexible para forrado de puentes.
- **AC:** Ud. de elemento anticolidión

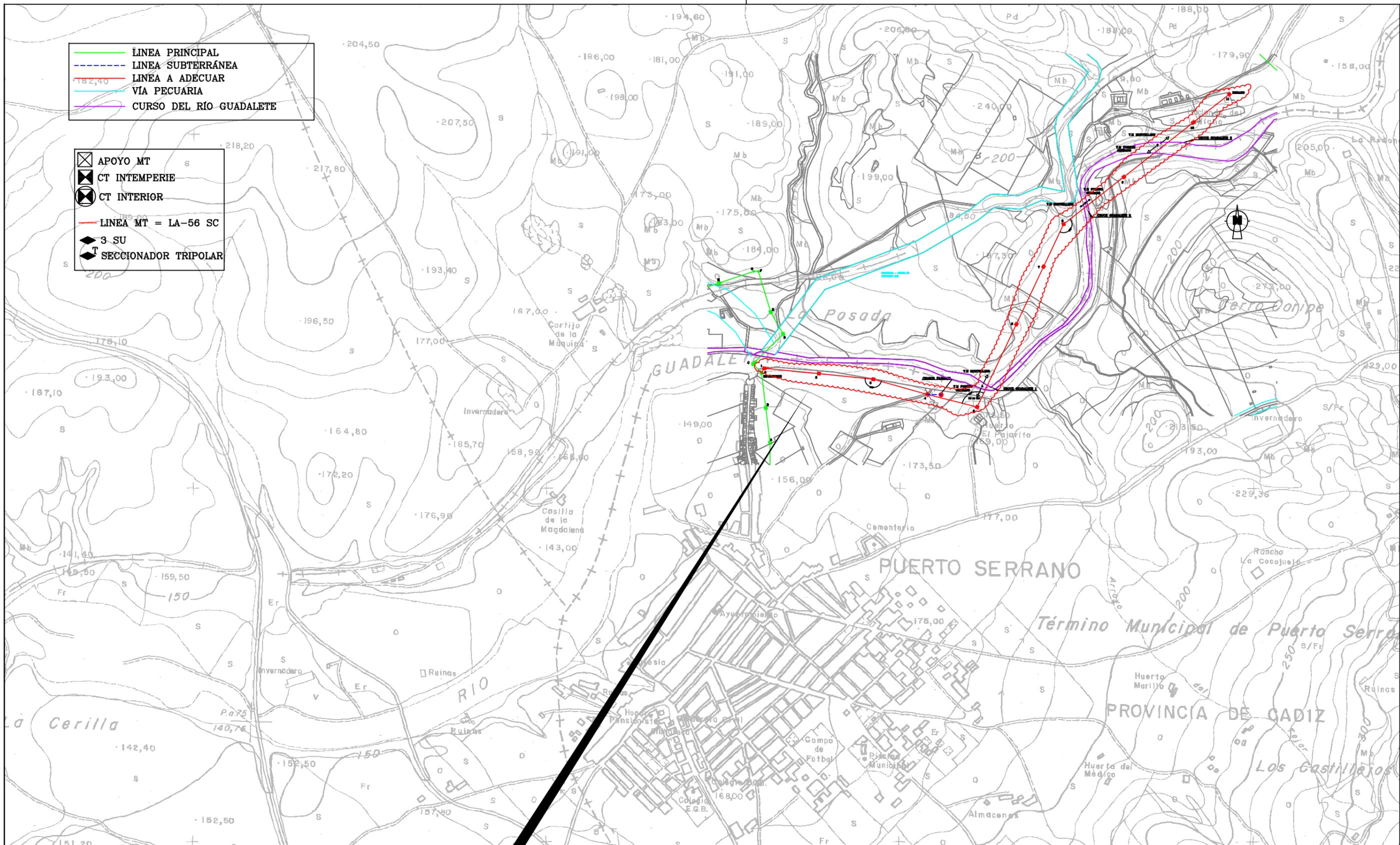
PLANOS

A continuación, se muestran los distintos planos de la instalación objeto de estudio de este trabajo. En orden consecutivo:

Plano 01: Emplazamiento

Plano 02: Planta. Plano guía

Plano 03: Planta y perfil de la línea



EMPLAZAMIENTO

COORDENADAS UTM - ETRS 89			
LUGAR	HUSO	X	Y
ENTRONQUE	30	273497	4090124
APOYO FINAL (APOYO 11)	30	274820	4090912



TRABAJO

ADAPTACIÓN PARA LA AVIFAUNA DE LÍNEA ELÉCTRICA DE MEDIA TENSIÓN EXISTENTE CONOCIDA COMO "INDIANO" QUE DISCURRE POR LOS T.M DE PUERTO SERRANO (11659) Y MONTELLANO (41770)

PLANO

EMPLAZAMIENTO

FECHA: Junio de 2021

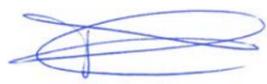
PLANO N°: 01

DIEGO CABRERA CASTRO
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
 C/ AMÉRICO VESPUCCIO S/N SEVILLA (41092)
 DPTO. DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

ESCALAS

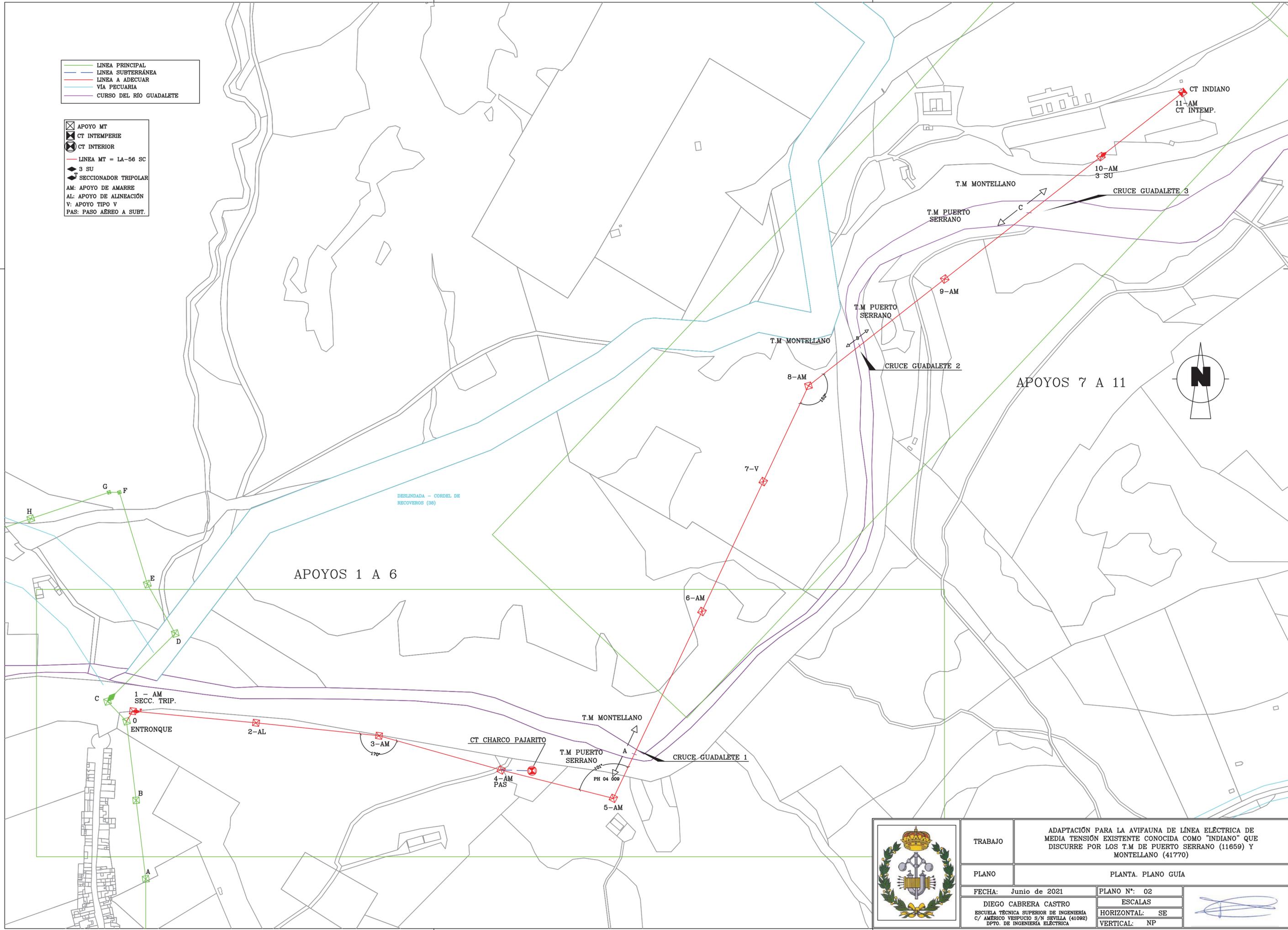
HORIZONTAL: 10000

VERTICAL: NP



- LINEA PRINCIPAL
- LINEA SUBTERRÁNEA
- LINEA A ADECUAR
- VIA PECUARIA
- CURSO DEL RÍO GUALETE

- ⊗ APOYO MT
- ⊗ CT INTEMPERIE
- ⊗ CT INTERIOR
- LINEA MT = LA-56 SC
- ⊗ 3 SU
- ⊗ SECCIONADOR TRIPOLAR
- AM: APOYO DE AMARRE
- AL: APOYO DE ALINEACIÓN
- V: APOYO TIPO V
- PAS: PASO AEREO A SUBT.



TRABAJO	ADAPTACIÓN PARA LA AVIFAUNA DE LÍNEA ELÉCTRICA DE MEDIA TENSIÓN EXISTENTE CONOCIDA COMO "INDIANO" QUE DISCORRE POR LOS T.M. DE PUERTO SERRANO (11659) Y MONTELLANO (41770)	
PLANO	PLANTA. PLANO GUÍA	
FECHA: Junio de 2021	PLANO N°: 02	
DIEGO CABRERA CASTRO		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA C/ AMÉRICO VESPUCCIO S/N SEVILLA (41092) DPTO. DE INGENIERÍA ELÉCTRICA		
HORIZONTAL: SE		VERTICAL: NP

