



CONVENCIÓN SOBRE LAS ESPECIES MIGRATORIAS

Distribution: General

PNUMA/CMS/Conf.10.30/Rev 2
21 de septiembre de 2011

Español
Original: Inglés

DÉCIMA REUNIÓN DE LA
CONFERENCIA DE LAS PARTES
Bergen, del 20 al 25 de noviembre del 2011
Punto 19 del orden del día

DIRECTRICES PARA MITIGAR LOS CONFLICTOS ENTRE LAS AVES MIGRATORIAS Y LOS TENDIDOS ELÉCTRICOS

(Nota introductoria elaborada por la Secretaría)

1. Los tendidos eléctricos son una de las principales causas de muerte no natural en las aves de la región de África y Eurasia. El documento PNUMA/CMS/Inf.10.38 revisa el impacto mundial y cada vez mayor de las líneas, conductores y torres de alta tensión como causa de las lesiones y mortandad de las especies migratorias. Se puede encontrar un resumen de esta revisión en PNUMA/CMS/Conf.10.29/Rev.1. Si no se actúa, una gran población de aves migratorias y de potenciales especies individuales podría verse seriamente afectada.
2. La COP7 (Bonn, 2002) aprobó la Resolución 7.4 que hacía un llamamiento a las Partes y no Partes para frenar el creciente riesgo de electrocución de aves migratorias que representan las líneas de transmisión de media tensión y para reducir los riesgos a largo plazo. La Resolución también alentaba a los constructores y operadores de nuevas líneas y torres de transmisión a incorporar las medidas adecuadas y neutralizar apropiadamente las torres existentes;
3. La COP8 (Nairobi, 2005) aprobó el Plan Estratégico 2006-2011 de la CMS. La Meta 1.4 toma nota de las “amenazas emergentes y existentes para las aves migratorias y los obstáculos para la migración identificados y revisados a intervalos regulares y las directrices desarrolladas para llevar a cabo acciones adecuadas”. El documento PNUMA/CMS/Conf. 10.22 proporciona un Plan Estratégico de la CMS actualizado para 2006-2014 y uno de los hitos para la Meta 1.4 es la adopción de directrices para evitar o mitigar el impacto de los tendidos eléctricos;
4. Gracias al apoyo económico de RWE Rhein-Ruhr Netzservice GmbH (compañía eléctrica alemana), las “Directrices para evitar o mitigar el conflicto entre las aves migratorias y los tendidos eléctricos de alta tensión en la región de África y Eurasia” fueron preparadas y presentadas ante el Comité Técnico de AEWa en septiembre de 2011. Al final de este documento se presentan las directrices al completo.

Acción solicitada:

Se invita a la Conferencia de las Partes a:

- a. Considerar y aprobar las Directrices para Mitigar los Conflictos entre las Aves Migratorias y los Tendidos Eléctricos adjuntas; y
- b. aprobar el borrador de la Resolución PNUMA/CMS/Res.10.11.

DIRECTRICES PARA EVITAR O MITIGAR EL IMPACTO DE LOS TENDIDOS ELÉCTRICOS SOBRE LAS AVES MIGRATORIAS EN LA REGIÓN DE ÁFRICA Y EURASIA



Primer borrador para consultar con el Comité Técnico de AEWA
y con el Consejo Científico de la CMS
Noviembre de 2011

*Financiado por el socio colaborador de AEWA, RWE RR NSG, que ha desarrollado el método para
instalar marcas para la protección de las aves en las líneas aéreas mediante helicóptero.*

VORWEG GEHEN

*Elaborado por
Bureau Waardenburg
Endangered Wildlife Trust – Wildlife & Energy Program
Boere Conservation Consultancy
STRIX Ambiente e Inovação*

Recopilado por: H.A.M. Prinsen¹, J.J. Smallie², G.C. Boere³ y N. Píres⁴

1. Bureau Waardenburg bv, Culemborg, Países Bajos, h.prinsen@buwa.nl, www.buwa.nl
2. Endangered Wildlife Trust (Wildlife & Energy Program), Modderfontein, Sudáfrica, wep@ewt.org.za, www.ewt.org.za
3. Boere Conservation Consultancy, Gorssel, Países Bajos, gcboere@planet.nl
4. STRIX Ambiente e Inovação, Porto Salvo, Portugal, nadine.pires@strix.pt, www.strix.pt

Hitos en la producción de estas directrices

Primer borrador: septiembre de 2011, presentado al Consejo Científico de la CMS mediante correspondencia y a la 10ª reunión del Comité Técnico de AEWa, 12-16 septiembre de 2011, Naivasha, Kenya.

Proyecto final: noviembre de 2011, presentado al 17º Consejo Científico de la CMS los días 17-18 de noviembre de 2011 en Bergen, Noruega, a la 10ª Conferencia de las Partes de la CMS los días 20-25 de noviembre de 2011 en Noruega y a la 5ª Reunión de la Conferencia de las Partes de AEWa los días 14-18 de mayo de 2012 en La Rochelle, Francia.

Contribuciones: Además de los autores arriba citados, las siguientes personas han contribuido a elaborar (partes de) estas directrices:

Bureau Waardenburg: Jonne Hartman, Abel Gyimesi, Angela van Bergeijk, Mark Collier y Jan van der Winden;

STRIX: Filipe Canario, Ricardo Tomé;

EWT-WEP: Megan Diamond.

Citas recomendadas: Prinsen, H.A.M., J.J. Smallie, G.C. Boere & N. Píres (Compilers), 2011. Directrices para evitar o mitigar el impacto de los tendidos eléctricos sobre las aves migratorias en la región de África y Eurasia. Series técnicas de AEWa XX, Series técnicas de CMS XX, Bonn, Alemania.

Agradecimientos:

Damos las gracias a la Secretaría de PNUMA/AEWa y a la Secretaría de PNUMA/CMS, Aline Kuehl, Borja Heredia y Sergey Dereliev and Florian Keil por sus útiles comentarios sobre esta revisión. Damos las gracias a los Puntos Focales de CMS y AEWa en los siguientes países por la información que nos han proporcionado: Algeria, Benin, Bulgaria, Canadá, Dinamarca, Etiopía, Unión Europea, Alemania, Ghana, Hungría, Israel, Kenya, Liechtenstein, Ex-República Federal de Macedonia, Mónaco, Montenegro, Mozambique, Namibia, Nigeria, Portugal, Rumania, República de Serbia, República Eslovaca, Sudáfrica, Sudán, Suiza, República Togolesa, Uganda y el Reino Unido. También queremos dar las gracias a las siguientes personas por proporcionarnos información o ayuda para recopilar el informe de revisión y estas directrices: Ivaylo Angelov, Miklós Antal, Sherif Baha El Din, Boris Barov, Julieta Costa, Chang-Yong Choi, Nick Davidson, Damijan Denac, Tasos Dimalexis, Margus Ellermaa, George Eshiamwata, Richard Grimmett, Dieter Haas, Rick Harness, David Horal, Roger Jaensch, Helmut Jaklitsch, Vicky Jones, Frans Koops, Dražen Kotrošan, Aleksii Lehtikainen, João Loureiro, Alexander Matsyna, Guillam McIvor, Taej Mundkur, Markus Nipkow, Derek Pomeroy, Dave Pritchard, Alice Ramsay, Borut Rubinič, Mike & Ann Scott, Ivan Scrase, Svetoslav Spasov, Elchin Sultanov, Lukas Viktora, Roland van der Vliet, Tatyana Yassievich, Leo Zwarts.

Ilustración de la portada: instalación de Desviadores de Aves en Vuelo en los tendidos eléctricos mediante helicóptero

© RWE Rhein-Ruhr Netzservice.

Renuncia de responsabilidad legal

Los nombres utilizados y la presentación del material en este documento no implican en absoluto la emisión de ninguna opinión por parte de PNUMA/AEWA y PNUMA/CMS sobre la situación legal en ningún país, territorio, ciudad o área o sobre sus autoridades o con respecto a la delimitación de sus fronteras y límites.

CONTENIDO

Lista de pasos	5
1. Introducción	6
2. Planificación estratégica, legislación y enfoques de organización	7
3. Diseñar las rutas de nuevos tendidos eléctricos	11
4. Toma de decisiones: cuándo y dónde mitigar	12
5. Mitigar el impacto de electrocución y colisión en las aves	14
5.1. Mitigar las electrocuciones	14
5.2. Mitigación de las colisiones	25
6. Impacto del monitoreo y evaluación de la eficacia de la mitigación	32
7. Fuentes de información y orientación recomendadas	36
8. Referencias	38
Glosario	42
Apéndice 1. Localizar Puntos Potencialmente Conflictivos Utilizando un Enfoque Básico a Escala Nacional	45

Lista de pasos

A fin de reducir el efecto de los tendidos eléctricos sobre las aves, todos los países deberían llevar a cabo los siguientes pasos:

Paso 1: Desarrollar y respaldar la planificación estratégica a largo plazo de las redes nacionales de tendidos eléctricos, incluyendo la instalación subterránea de las líneas eléctricas de baja y media tensión. Aplicar procedimientos adecuados del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) para decidir sobre la necesidad de tendidos eléctricos a escala nacional y aplicar procedimientos similares adecuados de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) para la construcción de un tendido eléctrico una vez se haya decidido que ese tendido eléctrico es necesario. Deben incluirse aspectos sobre el riesgo de colisión y electrocución de las aves en los procedimientos de EA.

Para más información sobre cómo aplicar los procedimientos SEA y EIA remitimos a las Directrices de Conservación n° 11 de AEWA (2008): *Directrices sobre la forma de evitar, minimizar o mitigar el impacto de los desarrollos de infraestructura y perturbaciones relacionadas que afectan a las aves acuáticas*; Serie Técnica n° 26 de AEWA.

Paso 2: Desarrollar y respaldar la colaboración entre todos los actores (compañías de redes eléctricas públicas, conservacionistas, organizaciones gubernamentales), por ejemplo, apoyando voluntariamente los Memorandos de Entendimiento o, si fuera necesario, forzando la cooperación de las compañías de redes eléctricas públicas para la planificación estratégica y la mitigación de los efectos adversos sobre las aves a través de la legislación.

Paso 3: Desarrollar bases de datos científicas y conjuntos de datos espaciales sobre la presencia de áreas protegidas y otras áreas clave para las aves y la presencia de especies de aves susceptibles, incluyendo las rutas aéreas de estas especies entre los lugares de reproducción, alimentación y descanso, así como importantes corredores migratorios. Estos conjuntos de datos favorecen la planificación estratégica de los pasos 1 y 2 y establecen prioridades para el paso 4. Si no hubiera datos disponibles, como por ejemplo de proyectos de monitoreo regulares de aves nacionales, entonces se tienen que recopilar datos de campo durante un periodo mínimo de un año.

Paso 4: Diseñar la ruta de nuevas líneas eléctricas subterráneas alejadas de áreas clave para las aves teniendo en cuenta la presencia de áreas protegidas (con categoría nacional o internacional), los factores abióticos que influyen en los conflictos entre aves/tendidos eléctricos y la susceptibilidad de importantes especies de aves.

Paso 5: Elaborar listas de prioridad de especies y áreas de conservación claves a fin de identificar prioridades para mitigar secciones de nuevas líneas eléctricas y modificar las líneas eléctricas ya existentes.

Paso 6: Mitigar las secciones problemáticas de tendidos eléctricos, tanto existentes como planeadas, a fin de minimizar el efecto de la electrocución y colisión de aves empleando técnicas modernas.

Paso 7: Desarrollar y respaldar programas de evaluación que utilicen protocolos estándar para monitorear la eficacia de las medidas de mitigación, así como para mejorar las técnicas de mitigación, incluyendo el monitoreo de incidentes (electrocución y colisión) y la distribución y los movimientos de las aves para evaluar el grado de impacto (específico de cada especie).

1. Introducción

Dado su tamaño e importancia, las infraestructuras eléctricas de superficie representan riesgos importantes para las aves si no se toman ciertas medidas de precaución. La mayoría de los tendidos eléctricos de superficie (tanto de medio voltaje, como líneas de distribución y de transmisión eléctricas de medio y alto voltaje) representan riesgos potenciales fatales para las aves por el riesgo de colisión y de electrocución con los cables aéreos. La colisión de un ave tiene lugar cuando un ave en vuelo colisiona físicamente con un cable aéreo. Por lo general, el ave fallece como consecuencia del impacto contra el cable, del subsiguiente impacto contra el suelo o por las lesiones originadas. La electrocución de un ave ocurre cuando el ave salva el espacio entre dos componentes energizados o entre un componente energizado y uno de tierra (también llamado ‘terrestre’) del mástil. Esto da como resultado un cortocircuito, con corriente eléctrica fluyendo por el cuerpo del ave y electrocución, a menudo acompañada por un apagón del suministro eléctrico.

Los tendidos eléctricos son una de las principales causas de muerte no natural en las aves en la mayoría de rutas migratorias de África y Eurasia con, por ejemplo, muchos millones de víctimas por colisiones estimadas cada año sólo en Alemania (Hoerschelman *et al.*, 1988). En muchos países europeos, un porcentaje relativamente alto de víctimas por colisión incluye a especies en peligro de extinción del Apéndice I de la Directiva de Aves, p.ej. la Espátula blanca (*Platalea leucorodia*) y la Aguja colinegra (*Limosa limosa*) en los Países Bajos, y especies de avutardas y águilas en España y Portugal. El problema también se considera serio en África. En Sudáfrica, por ejemplo, la supervivencia de varias especies críticamente en peligro de extinción tales como la Grulla del Paraíso (*Anthropoides paradise*) y la Avutarda de Namibia (*Neotis ludwigii*), se considera seriamente amenazada dadas las colisiones contra los tendidos eléctricos. Por desgracia, la mayoría del continente carece de datos concretos.

Aunque en la actualidad la electrocución no es un grave problema en el noroeste de Europa, donde la mayoría de líneas de bajo voltaje se han instalado bajo tierra, todavía hay muchos países, tanto en Europa como en otras zonas a lo largo de las rutas migratorias de África y Eurasia, donde las líneas de bajo y medio voltaje no han sido modificadas con las medidas de mitigación adecuadas. En estos países, la electrocución representa una seria amenaza para una gran población, en particular de cigüeñas y aves de presa, las cuales construyen sus nidos en los postes eléctricos o utilizan los postes como perchas. Hay indicios de que para ciertas especies de aves, en particular las especies grandes, la electrocución puede ser la causa más grave de muerte; incluso más que el tráfico rodado (Haas *et al.*, 2005). La electrocución de aves no sólo es un tema de conservación, también tiene serias consecuencias económicas y financieras por los cortes en el suministro eléctrico, generando por lo tanto motivos de preocupación entre las compañías de suministro eléctrico.

Desafortunadamente, muchas compañías eléctricas no tienen conocimiento de, o son reacios a aplicar medidas modernas de seguridad para aves. Unas modificaciones razonables en las líneas de los tendidos eléctricos y la modificación de las estructuras (tanto marcando los tendidos aéreos como modificándolos para evitar la electrocución) podrían ayudar a reducir eficazmente en un 50% o más el riesgo que representan para las aves.

Se han publicado numerosos estudios, incluyendo estudios anteriores, sobre los temas implicados. No obstante, la información está dispersada, a veces es inaccesible (gran cantidad recogida en informes internos y ‘bibliografía gris’), mucha es de carácter anecdótico y se carece de un vistazo general sobre la magnitud del conflicto entre las aves y los tendidos eléctricos a escala de la región de África y Eurasia. Lo mismo ocurre con las medidas para evitar la electrocución y varias medidas para mitigar las colisiones. Por eso, las Secretarías de la Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres (PNUMA/CMS) y el Acuerdo sobre Aves Migratorias Acuáticas de África y Eurasia (PNUMA/AEWA) encargaron una revisión de todos los aspectos del conflicto entre las aves migratorias y los tendidos eléctricos, y las directrices para mitigar y evitar este conflicto en la región de África y Eurasia.

Dada la gran cantidad de información recopilada, la revisión del conflicto entre las aves migratorias y los tendidos eléctricos en la región de África y Eurasia ha sido publicada en un documento a parte, publicado en la Series técnicas de CMS XX y en la Serie técnicas de AEWA XX titulado ‘Revisión sobre el conflicto entre las aves migratorias y los tendidos eléctricos en la región de África y Eurasia’ (Prinsen *et al.*, 2011a). El informe internacional de revisión ofrece un trasfondo informativo importante sobre este documento de directrices.

Las directrices sobre el conflicto entre las aves y los tendidos eléctricos ya han sido publicadas anteriormente, en concreto las directrices detalladas que la Convención sobre la Conservación de la Vida Silvestre Europea y Hábitats Naturales (Convención de Berna) adoptó para ser aplicadas a fin de proteger a las aves de los tendidos eléctricos de medio voltaje, basado en Haas *et al.* (2005), y la Recomendación nº 110 que el Comité Permanente de la Convención de Berna adoptó en 2004 sobre la minimización de los efectos adversos de instalaciones de superficie de transmisión de electricidad. Además, la CMS/COP 7 adoptó en 2002 una resolución (nº 7.4 “Electrocución de Aves Migratorias”), que hacía un llamamiento a las Partes y no Partes para adoptar valiosas medidas técnicas y legislativas para la mitigación de la electrocución de aves en los tendidos eléctricos, basado en las directrices publicadas en un folleto de NABU (socio alemán de BirdLife), precursor de Haas *et al.* (2005). Para Norteamérica también existen amplias directrices prácticas, publicadas por APLIC (1994, 2006).

Las directrices a mano y el estudio internacional que lo acompaña (Prinsen *et al.*, 2011a PNUMA/CMS/Inf.10.38) presentan la información disponible sobre el tema (incluyendo referencias a otros estudios) desde el área más grande de la región de África y Eurasia. Estos documentos resumen los últimos estándares técnicos sobre la mitigación de la electrocución y revisan y presentan directrices para mitigar el riesgo de colisión para las aves, un tema que recibió una menor atención tanto en las directrices de la Convención de Berna, como en Resolución 7.4 de 2002 de la CMS.

Este documento de directrices presenta acciones apropiadas, tanto legislativas como técnicas, resume las medidas de mitigación/prevenición modernas y presenta sugerencias para la evaluación y el monitoreo. Las instrucciones técnicas detalladas sobre la aplicación de medidas de mitigación queda fuera del alcance de estas directrices, por lo que remitimos a la bibliografía técnica existente y recomendamos APLIC (1994, 2006), Haas *et al.* (2005) y Haas *et al.* (2008) para más detalles técnicos sobre, por ejemplo, las técnicas de construcción.

2. Planificación estratégica, legislación y enfoques de organización

Aspectos generales

Antal (2010) sostiene que los factores políticos tienen un efecto significativo sobre la efectividad de las medidas de mitigación. Estudió cuatro países; República de Eslovaquia, Hungría, Sudáfrica y Estados Unidos, para evaluar su enfoque sobre la interacción de las aves con los tendidos eléctricos. Concluyó que la probabilidad de éxito para dirigir el tema de la interacción de las aves/tendidos eléctricos depende en gran parte del contexto específico de cada país. Por lo tanto, no es fácil ofrecer una orientación sobre la legislación de las Partes de la CMS y AEWA y tampoco puede detallarse mucho o de forma franca dadas las grandes diferencias entre países en cuanto a gobierno, estructuras y procedimientos de toma de decisiones y la complejidad del sector energético. No obstante, hay algunos principios y enfoques básicos que todos los países deberían aplicar.

Planificación de las redes

El modo más obvio de prevenir las electrocuciones y colisiones de aves es evitar en general la construcción de tendidos eléctricos. Mientras que esto podría resultar contradictorio para varios imperativos sociales, políticos y económicos en todo el mundo, más importante aún en los países en vías de desarrollo, en teoría es posible aumentar el acceso a la electricidad al mismo tiempo que se minimiza la construcción de nuevos tendidos eléctricos. Esto se puede lograr mediante una planificación eficaz de las redes y unas opciones de generación de energía dispersas (*es decir*, la

producción de energía próxima al usuario final). La generación y la planificación de las redes son, por lo tanto, los primeros pasos a dar para mitigar el riesgo para las aves. A la larga, las medidas de eficiencia energética y la gestión de la demanda energética también deberían formar parte del enfoque. Cuanto menos energía se consume, menos necesidad habrá de que los vehículos (tendidos eléctricos) transporten esa energía, por lo que habrá un riesgo menor de colisión y electrocución. Las infraestructuras de las compañías eléctricas normalmente dirigen sus planificaciones a largo plazo desarrollando planes maestros de redes. Si estos planes maestros incorporaran información sobre las aves, podrían convertirse en una poderosa herramienta para minimizar el riesgo de colisión de las aves en una primera fase de planificación.

Tendidos eléctricos subterráneos

Si se deben construir tendidos eléctricos, construirlos bajo tierra es la mejor solución contra la electrocución y la colisión de las aves. Aunque esto se ha aplicado raramente en tendidos de longitudes significativas, en su mayoría debido a la complejidad técnica y financiera (estimado en un presupuesto de 3 a 20 veces más caro – APLIC, 1994), parece que al menos en ciertas partes de Europa enterrar los tendidos eléctricos es algo que se lleva a cabo de forma más habitual.

El proceso de construir bajo tierra las líneas de bajo voltaje y las líneas de distribución de medio voltaje (aquellas que representan un mayor riesgo de electrocución para las aves) ha quedado completado en los Países Bajos, y en la actualidad se está llevando a cabo en Bélgica, Reino Unido, Noruega, Dinamarca y Alemania, por lo que la intensidad de los problemas de electrocución se está reduciendo en estas regiones. A principios de 1990, el 77% de las líneas de transmisión en Bélgica, el 56% en Alemania (del Este) y el 44% en el Reino Unido ya eran subterráneas (Bayle, 1999). En Dinamarca, un plan actual describe la desmantelación de los 3.200 km de líneas aéreas de 132-150 kV existentes y el cableado de unos 2.900 km de nuevas líneas de 132-150 kV. Aunque enterrar el tendido eléctrico de alto voltaje (de más de 110 kV) es técnicamente muy complicado, en Dinamarca se ha tomado una decisión política para iniciar de inmediato un proyecto para colocar ciertas secciones de líneas aéreas de alto voltaje (400 kV) bajo tierra en seis áreas de gran valor natural o muy próximas a las zonas urbanas (información de una investigación emitida en Dinamarca; V. Hørlyck *in litt.*). Esto no sólo ofrece ventajas para la protección de las aves, sino que los cables subterráneos también tienen una mayor tolerancia a la meteorología, una mayor aceptación pública y, por lo tanto, una autorización más rápida, así como una mayor fiabilidad y ningún riesgo de causar incendios forestales. Por otro lado, colocar el tendido eléctrico de alto voltaje bajo tierra es todo un reto técnico y supone unos costes de inversión mucho más elevados. No obstante, esto debe considerarse en relación a los costes adicionales que ocasionarían las medidas de mitigación en las líneas de superficie. En Hungría, por ejemplo, colocar el cableado bajo tierra se estima en unas 20 veces más caro (aprox. unos 54.000 US\$/km) que el empleo de "aletas" (un tipo de marcador de líneas) para mitigar las colisiones. Por otro lado, Antal (2010) estima que en Hungría se destinan al menos 7 millones de US\$ anuales a la modificación de los postes existentes a fin de mitigar las electrocuciones.

Colocar el tendido eléctrico bajo tierra es claramente la solución final, pero resultará demasiado costosa para muchos países o técnicamente complicado en, por ejemplo, regiones montañosas. Por lo tanto, es poco probable que sea ampliamente empleado o contribuya significativamente a la mitigación de las electrocuciones o colisiones en los países en vías de desarrollo en el futuro. También se debe indicar que enterrar los tendidos eléctricos podría traer consigo un mayor impacto en otros aspectos medioambientales.

Los procedimientos de SEA y EIA; garantizar los intereses de las aves con respecto a la construcción de tendidos eléctricos

En primer lugar, los procedimientos cuidadosos del Sistema de Evaluación Ambiental (SEA) y de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) deben ser viables y aplicables. Estos procedimientos deberían tener en cuenta un gran número de posibles efectos sobre el medio ambiente y la naturaleza ante cualquier decisión de construir infraestructuras, incluyendo tendidos eléctricos. El posible efecto sobre la población de aves en cualquier sentido debería describirse y analizarse obligatoriamente en cualquier procedimiento de SEA y EIA.

SEA es un medio por el que las consideraciones medioambientales son incorporadas a las políticas, planes y programas para lograr el mejor resultado posible para todos los implicados. Esto es particularmente eficaz con respecto al diseño de rutas y agrupación de tendidos eléctricos, ya que pueden identificarse proactivamente los corredores adecuados para las líneas, mucho antes de que alcancen el nivel de proyecto individual. El proceso de EIA permite evaluar el impacto a nivel de proyecto. Aunque un proyecto esté basado y bastante avanzado en el proceso de planificación del tendido eléctrico, esto todavía proporciona un mecanismo útil y esencial para minimizar el riesgo de colisión de las aves.

La respuesta de los Estados del Área de Distribución sobre la investigación deja claro que en la actualidad al menos muchos países cuentan con una legislación para aplicar los procedimientos EIA (no se solía indicar la existencia de los procedimientos de SEA). Por supuesto, es de suma importancia saber cómo se aplican los procedimientos y qué aspectos se incluyen y se sopesan para tomar la decisión final. Pueden obtener más información detallada sobre los procedimientos de SEA y EIA y sus beneficios para las aves en las Directrices de Conservación nº 11 de AEWa titulada 'Directrices sobre la forma de evitar, minimizar o mitigar el impacto de los desarrollos de infraestructura y perturbaciones relacionadas que afectan a las aves acuáticas' (Tucker & Treweek, 2008).

En esta fase inicial de la política y de la toma de decisiones ya debería recopilarse información sobre las poblaciones de aves y las rutas migratorias de las fuentes disponibles o, si no existieran, mediante un programa de investigación de campo durante un periodo de al menos un año (véase **capítulo 6** y **Apéndice 1**). Esto también ayudaría de forma considerable a evitar cualquier otro problema más adelante con la legislación de conservación nacional e internacional (véase debajo) si las especies estrictamente protegidas posiblemente fueran a morir a causa la electrocución y/o colisión con el tendido eléctrico.

No se puede enfatizar lo suficiente sobre la disponibilidad de datos sobre aves y la presencia de áreas protegidas antes o durante los procedimientos de SEA y EIA. El diseño de una ruta adecuada para un tendido eléctrico de superficie, incluyendo datos de las aves presentes, podría reducir considerablemente el problema de la interacción de las aves. Por desgracia, muchos países en vías de desarrollo no pueden contar con los recursos necesarios para llevar a cabo investigaciones detalladas de la zona a fin de recopilar datos importantes sobre las aves. Un fondo debería permitir que se pudiera proporcionar financiación externa, para poder realizar trabajos de investigación básicos. Para proyectos relativamente pequeños los desarrolladores de proyectos deberían cubrir e integrar los costes de estudios básicos en los presupuestos del proyecto. Para unos programas de construcción de tendidos eléctricos más extensos, los gobiernos podrían facilitar el acceso a las Agencias Nacionales de Desarrollo o a fondos internacionales como el FMAM. Esto también debería servir en los países que quieran modificar y/o mitigar los tendidos eléctricos peligrosos existentes.

Los procedimientos de SEA, EIA y la legislación nacional de conservación de la naturaleza; elaboración de acuerdos intergubernamentales.

La construcción de infraestructuras de distribución y suministro de energía básicas es vital para un país y para su población. Los países deberían tener una legislación para asegurar que quede garantizado. No obstante, la construcción y diseño de rutas de tendidos eléctricos, después de quedar sujetos a los procedimientos de sonido de SEA y EIA, podrían entrar en conflicto con las disposiciones sobre la conservación del hábitat y las especies. Este podría ser el caso, por ejemplo, cuando un tendido eléctrico ha sido diseñado para cruzar un importante humedal o un área forestal con importantes poblaciones de aves, *etc.*

En tales casos, a menudo no queda claro qué legislación ha de regirl. Parece muy obvio que para las agencias gubernamentales responsables de diferentes aspectos esto debería estar claro desde el principio, pero la realidad podría ser diferente. Por ejemplo, si matar a algún miembro de una especie (vulnerable o en peligro de extinción) está prohibido por una ley de conservación de aves o por una ley general de flora y fauna, ¿cómo se habría de actuar en caso de que los tendidos eléctricos estén matando a tales aves? ¿La agencia gubernamental proporciona permisos a los responsables de la construcción o a las compañías eléctricas y podrían ser multadas? Podría no aplicarse un

procedimiento perfecto y quedar excluido mucho antes mediante artículos de la legislación que crean excepciones sobre las reglas generales de conservación, aceptando que un tendido eléctrico es de interés primordial para la sociedad. No obstante, esto se ha estado discutiendo (*pers. comm.* J. Smallie para Sudáfrica y H. Prinsen para los Países Bajos) y debería estar muy claro para todos los responsables.

Por estos motivos algunos países, Estados Unidos es un ejemplo, han trabajado en MdE entre los ministerios y/o agencias responsables para describir en términos claros cada una de las otras responsabilidades y la forma en que debería interpretarse la legislación sobre la conservación. Por poner un ejemplo: ¿todas las partes están de acuerdo en que si una especie en peligro de extinción está estrictamente protegida por ley, que esa ley obligue a las compañías eléctricas a, por ejemplo, rediseñar la ruta planeada para un tendido eléctrico o enterrar una sección concreta, *etc.*? Esto debería estar muy claro dados los precedentes y elevados costes en casos en que los aspectos de conservación invalidan la construcción de un tendido eléctrico en ese lugar en particular. Y todo esto a parte de todos los tipos de medidas de mitigación sobre los tendidos eléctricos en sí, lo cual también debería estar estipulado por ley. Podría ser una buena política tener tales acuerdos entre los ministerios/agencias responsables.

Legislación nacional, compañías eléctricas y ONGs; elaborar MdE cooperativos

Otro paso del enfoque legislativo y organizacional del conflicto entre los tendidos eléctricos y las aves es la cooperación voluntaria entre las agencias gubernamentales y/o ONGs con las compañías eléctricas conforme a lo estipulado en los Memorandos de Entendimiento (MdE). Estos MdE de cooperación entre los actores suelen ser eficaces. Unos exitosos MdE evitan los procedimientos legales entre varios actores y recogen previsiones sobre las responsabilidades y contribuciones de cada uno, tanto financieras como organizacionales (*p.ej.*, sobre aumentar la conciencia, el monitoreo y la investigación). La experiencia en Sudáfrica (como cooperación a nivel nacional entre Eskom, la única compañía eléctrica, y Endangered Wildlife Trust para resolver los problemas de electrocución y colisión) es el enfoque de cooperación y colaboración más eficaz. Por lo tanto, el primer paso a dar de los conservacionistas que tratan este tema debería ser una colaboración con la compañía eléctrica relevante, dándose cuenta de que el suministro energético es de primordial interés público. También existe una cooperación de éxito similar entre las compañías eléctricas, agencias gubernamentales y/o ONGs en Alemania, Francia, Hungría, Suiza, Portugal y Namibia (véase **Recuadro1**).

RECUADRO 1: Ejemplo de MdE entre el gobierno, las compañías eléctricas y ONGs en Hungría

En Hungría, el Ministerio de Medio Ambiente y Aguas, todas las compañías eléctricas y BirdLife en Hungría firmaron el acuerdo ‘Cielo Accesible’ en 2008. En este acuerdo voluntario ya se han conseguido los siguientes logros:

- la cooperación regular y estructurada (Comité de Coordinación, definiendo y llevando a cabo proyectos comunes, véase debajo);
- la enmienda de estándares técnicos mediante la unión de esfuerzos y su aplicación por parte de los diseñadores, así como de las autoridades permitidas (recomendaciones introducidas en 2007 solicitadas por diseñadores en manuales e impuestas por las autoridades que han sido nuevamente enmendadas y se publicarán en 2011);
- la enmienda de la Ley sobre la Conservación de la Naturaleza (los tendidos eléctricos de nueva construcción o modificados deben ser respetuosos con las aves);
- una base de datos de tendidos eléctricos prioritarios y aves heridas (BirdLife en Hungría elaboró un mapa de conflictos representando 21.700 kilómetros de tendido eléctrico de medio voltaje de prioridad para ser modificados a fin de mitigar las electrocuciones y/o colisiones. Se estima que los costes de modificación excedan los 60 millones de euros).

Se están llevando a cabo tanto acciones proactivas, como reactivas con el objetivo de modificar todos los tendidos peligrosos para las aves antes de 2020. Hasta la fecha, entre los resultados importantes de este acuerdo figuran muchos proyectos de LIFE Nature:

- modificar los tendidos eléctricos de mayor prioridad;
- proyecto Avutarda: 11 kilómetros de tendido subterráneo, 45 kilómetros marcados con aletas;
- proyecto Alcón Sacre: 510 kilómetros de tendido aislado;
- proyecto Cernícalo Patirrojo: 400 kilómetros de línea aislada.

Además, durante 2008-2010 se han tomado decisiones sobre 10 proyectos de modificación. La suma total de inversión estimada es de *aprox.* 10 millones de euros. En enero de 2011 se hizo un llamamiento para nuevos proyectos para los que se requiere que un 25% de la co-financiación proceda de las compañías eléctricas, basado en su acuerdo voluntario.

Entre las tareas futuras figuran la continuación de proyectos a gran escala centrándose en áreas prioritarias, el desarrollo y mantenimiento de una base de datos sobre aves heridas para perfeccionar las prioridades, la cooperación internacional (conservacionistas y compañías eléctricas) y garantizar los fondos para el futuro (nuevo periodo presupuestario de la UE). Para más detalles, véase Schmidt (2011) y Antal (2010).

La elección entre un enfoque cooperativo y un enfoque más contencioso en cualquier país queda determinado en parte por el número de compañías eléctricas y su posición (Antal, 2010). Si existen demasiadas compañías eléctricas, puede resultar más complicado que un enfoque coordinado y cooperativo funcione con éxito. Si se dispone de suficiente información para demostrar que la mitigación está asegurada, pero que la compañía es reacia a actuar, entonces quedará justificado el empleo de un mayor enfoque legal.

3. Diseñar las rutas de nuevos tendidos eléctricos

Diseñar las rutas de los tendidos

Una vez se haya decidido que es necesario construir un tendido eléctrico de superficie, la mejor opción de mitigación es garantizar que se diseña una ruta alejada de las áreas que son el hogar de, o atraen a especies de aves susceptibles a la electrocución o colisión. Nuestra comprensión de las variables (y su interacción) que influyen dónde tienen lugar las electrocuciones y colisiones no es, desde luego, completa. No obstante, sabemos que ciertas características de paisajes y vegetación tienden a asociarse con mayores tasas de electrocución o colisión. En el caso de la electrocución, la topografía afecta al lugar donde las aves se perchan y descansan, y la altura de la vegetación afecta a la existencia de perchas naturales en la zona. En el caso de las colisiones, la topografía afecta al hecho de si las aves volarán bajo (*es decir*, por debajo de los valles) o alto (*es decir*, sobre las montañas y laderas), pues mejora su eficiencia energética al volar. La altura de la vegetación también puede afectar a la altura del vuelo, con una vegetación corta que permite volar bajo. Además de estudiar las características del área, es importante tener en cuenta la protección del estatus del país. Hay gran cantidad de opciones para recopilar información sobre los lugares protegidos, clasificándolos en páginas web nacionales, gubernamentales o no gubernamentales sobre parques nacionales, áreas protegidas, Áreas Importantes para las Aves (www.birdlife.org), sitios Ramsar (www.ramsar.org), World Database on Protected Areas (www.wdpa.org) y muchas otras. La adición más reciente para la región de AEWa es la Herramienta de Redes de Sitios Críticos (CNS) desarrollada en el proyecto Alas sobre Humedales de corredores Africano-Euroasiáticos (www.wingsoverwetlands.org) de UNEP-FMAM, que ofrece información sobre los sitios Ramsar, IBA's, SPA's y muchas otras áreas. El **Apéndice 1** muestra un ejemplo de cómo se puede combinar la información de las páginas web antes mencionadas, junto con información sobre las redes de tendidos eléctricos nacionales para crear un 'mapa de puntos potencialmente conflictivos' básico nacional. La decisión final sobre el diseño de rutas de nuevos tendidos eléctricos también debería estar basada, por lo menos, en todos los conocimientos ornitológicos disponibles.

Corredores y alternativas

A fin de lograr un diseño óptimo de las rutas, es de gran ayuda que los planificadores de los proyectos diseñen más de una ruta alternativa, lo cual permite seleccionar la ruta óptima con respecto a los

factores de las aves. Además, emplear un corredor (por ejemplo, de dos kilómetros de ancho) de evaluación en lugar de una única línea permite realizar pequeñas mejoras a la ruta que se establecerá dentro de ese corredor.

Agruparse con otras infraestructuras

En algunos casos se podría diseñar la ruta de un nuevo tendido eléctrico colindante a un tendido eléctrico mayor ya existente y con una configuración segura, mitigando así parcialmente la electrocución, pues las aves suelen tender a percharse por naturaleza en el tendido eléctrico más grande, y mitigando parcialmente las colisiones, pues las aves podrán ver mejor el obstáculo combinado, así como mayor seguridad al salvar una línea secundaria próxima si es de la misma altura o más baja (figura 1).



Figura 1. Dos líneas de transmisión colindantes en la región de Karoo, Sudáfrica. La cantidad de impactos sobre las aves de dos líneas poco espaciadas podría ser significativamente menor que si esas líneas estuvieran muy separadas (Foto: EWT-WEP).

4. Toma de decisiones: cuándo y dónde mitigar

Cuándo mitigar

Determinar cuándo se necesita la mitigación y el nivel de mitigación es un paso clave en el enfoque de gestión general, y depende de la gravedad del riesgo. Una mitigación insuficiente puede permitir que un impacto se intensifique, hasta el punto de amenazar a la población, mientras que una mitigación innecesaria desaprovecha recursos y afecta a la credibilidad del enfoque de conservación. Normalmente, el riesgo se expresa en términos de riesgo biológico y, por lo tanto, la mitigación se aplica de forma normal cuando se decide que una electrocución o un impacto de colisión en concreto son de importancia biológica. APLIC (1994) define la mortandad de las aves de importancia biológica “...cuando afecta a la habilidad de la población de aves para mantenerse o aumentar su número local y a lo largo de su rango”. No obstante, la mitigación también puede resultar necesaria en casos en los que se garantiza el interés social y político. Las electrocuciones y colisiones podrían someter a juicio a

las compañías eléctricas (allí donde las especies están legalmente protegidas) y a riesgos de relaciones públicas, mientras que las electrocuciones también podrían representar un riesgo de incendio, el daño de los equipos o el impacto en la calidad del suministro eléctrico.

Incluso con las mejores rutas posibles, conforme a lo descrito en el capítulo 3, es posible que las secciones de la ruta continúen representando un riesgo para las aves. Estas zonas pueden mitigarse con opciones de mitigación 'in situ', tales como la modificación y modernización de líneas, descritas en detalle en el siguiente capítulo. Es importante señalar en este punto que la aplicación de la mayoría de opciones es técnicamente más sencilla y más económica que si se lleva a cabo en la fase de construcción, pues sería menos necesario realizar los tan caros cortes de electricidad o emplear técnicas especializadas. Además, el coste de las medidas de mitigación de electrocución y colisión puede introducirse más fácilmente en un presupuesto de construcción (en el que la mitigación recuperará un pequeño componente) que en el presupuesto de mantenimiento una vez que la línea está en funcionamiento. Por lo tanto, la medida preventiva debe tenerse en cuenta al identificar las necesidades de mitigación. ¡Y en caso de duda, mitigar! No obstante, en muchas convenciones internacionales se acepta y se aprueba la aplicación del 'principio de precaución' como un deber formal de ser empleada en tales situaciones.

Dónde mitigar

Una vez que los tendidos eléctricos ya han sido construidos y están operativos, la mitigación (todavía) podría aplicarse. Se puede realizar bien proactivamente, a través de lo cual se emplea la información disponible sobre las fatalidades previas y todos los factores relacionados para predecir dónde podrían tener lugar las fatalidades en el futuro (tanto para las líneas nuevas como existentes), o reactivamente, a través del cual se actúa en respuesta a las fatalidades ocurridas en las líneas existentes.

Por ejemplo, en Suiza se identificaron doce regiones de prioridad para el Búho Real (*Bubo bubo*) y la Cigüeña Blanca (*Ciconia ciconia*) para evaluar la posibilidad de una rehabilitación técnica de los postes eléctricos de medio voltaje. En estas regiones, se comprobarán los postes eléctricos en términos de seguridad para las aves y los postes peligrosos se asegurarán para poder ser utilizados por las aves (Heynen & Schmid, 2007). De forma similar, la República Checa quedó dividida en 2003 en tres zonas conflictivas basadas en la actual densidad de las aves y en la densidad de los tendidos eléctricos (Schürenberg *et al.*, 2010). En Alemania, la red de transmisión (110, 220 y 380 kV) del operador de sistemas de transporte RWE fue analizada a fin de identificar los segmentos de los tendidos con mayor riesgo de colisión para las aves. En este caso se desarrolló un sistema de evaluación que tenía en cuenta el número de aves y la composición de especies dentro de las áreas funcionales, así como la ubicación y disposición de los tendidos eléctricos en el paisaje. El resultado de ambas medidas se empleó para evaluar cualitativamente el riesgo de colisión para cada sección de tendido en particular (área entre dos torres de alta tensión). Utilizando este sistema pudieron identificarse las áreas más problemáticas en la red de tendidos eléctricos de RWE (Bernshausen *et al.*, 2007). Las secciones de tendido con un mayor riesgo de colisión resultaron en unos 400 km de tendido eléctrico (de aprox. 10.000 km totales). Estas secciones se modificaron entre 2005 y 2008 con un nuevo tipo de marcadores de cables (véase **Recuadro 2**).

Mientras que estos estudios de 'evaluación de riesgos proactivos' son potencialmente útiles y pueden contribuir de forma importante a la mitigación de las electrocuciones y colisiones, es esencial verificar en tierra firme la predicción antes de inducir a la compañía eléctrica a invertir dinero en una mitigación necesaria. Esta claro que un proceso de planificación de la mitigación como este requiere investigaciones buenas y exhaustivas sobre las aves, y monitorear los tendidos eléctricos en busca de aves electrocutadas o colisionadas.

Una mitigación reactiva implica mitigar secciones del tendido dónde las aves ya han colisionado o hayan sido electrocutadas, con vistas a reducir futuros impactos en esos sitios. Aunque que esto podría ser un componente importante para cualquier programa de mitigación, no siempre es adecuado, como en el caso de especies de aves amenazadas con un número reducido de población, pues requiere que las aves mueran antes de actuar.

El siguiente capítulo presenta un gran número de técnicas modernas para mitigar o minimizar el impacto de los tendidos eléctricos sobre las aves.

5. Mitigar el impacto de electrocución y colisión en las aves

5.1. Mitigar las electrocuciones

La mitigación de las electrocuciones puede controlarse mucho más que la mitigación de las colisiones. Puesto que el problema es físico, cuando un ave salva cierto espacio libre en la estructura de un poste, la solución es relativamente sencilla e implica garantizar que un ave no pueda tocar los componentes importantes. Hay gran cantidad de bibliografía disponible sobre cómo evitar o mitigar la electrocución, ejemplos de los Corredores Aéreos en la región de África-Eurasia revisados en el informe de estudio de AEWA/CMS Estudio internacional sobre interacciones entre aves y tendidos eléctricos (Prinsen *et al.*, 2011a). En Haas & Nipkow (2003), Haas *et al.* (2005) y, más recientemente, Haas & Schürenberg (2008) se presentan unos amplios diseños técnicos en un contexto europeo. APLIC (2006) presenta un gran número de configuraciones de problemas en el contexto Norteamericano y ofrece amplias directrices técnicas (incluyendo detallados dibujos técnicos) para su modificación. Debajo se resumen las técnicas más importantes y se presentan mediante fotos y dibujos de los componentes clave relevantes.

Añadidos en la mitigación o actualización

Un poste eléctrico “seguro para las aves” es una configuración diseñada para minimizar el riesgo de electrocución de las aves proporcionando la suficiente separación entre los conductores de fase energizados (también llamados 'fases') y entre las fases y el hardware de tierra para dar cabida a la distancia de muñeca a muñeca o 'de pies a cabeza' de un ave (figura 2). Si no se pudiera proporcionar esta separación (aislamiento), las partes expuestas deberían cubrirse (aislarse) para reducir el riesgo de electrocución. Es posible mitigar la electrocución en redes ya operativas mediante su modificación. La desventaja de este enfoque es que resulta costoso, normalmente requiere un apagón (corte de la línea), con las subsiguientes quejas de los clientes, y añadir esencialmente materiales y complicaciones a un diseño de ingeniería previamente aprobado.



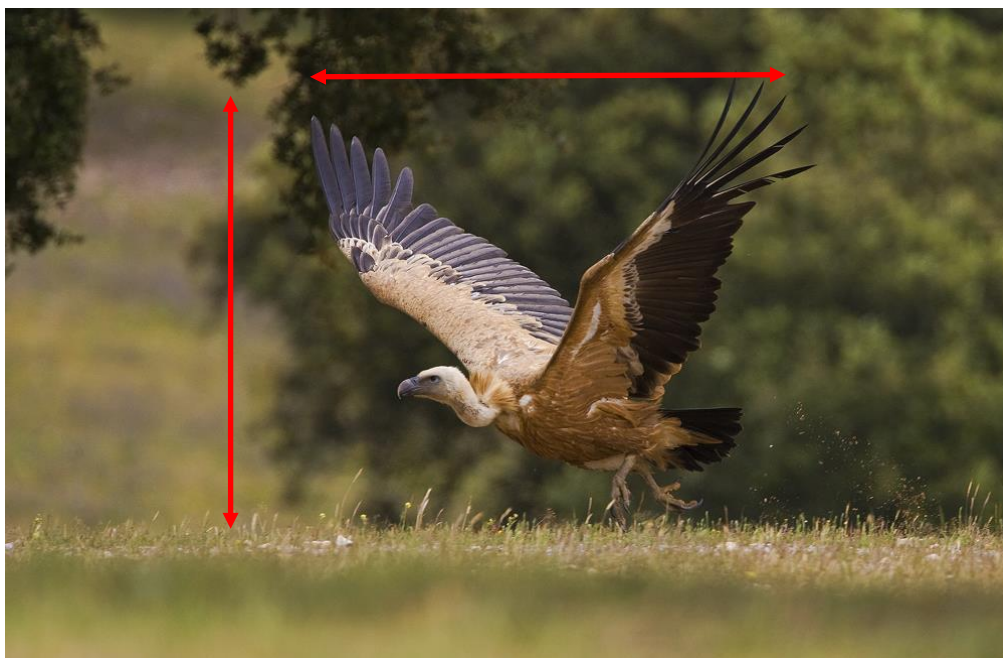


Figura 2. Un Buitre leonado (Gyps fulvus) con alas extendidas despegando. Para mitigar la electrocución de las aves, las distancias entre los conductores eléctricos (o fases) y las distancias entre los conductores y el hardware de tierra deben ser mayores que la distancia 'de muñeca a muñeca' o de 'pies a cabeza' en un ave. Dado que las plumas secas proporcionan aislamiento, la distancia entre las partes carnosas, tales como la piel, los pies o el pico, es generalmente el factor crítico para determinar si la construcción de un tendido eléctrico es segura para que las aves se perchen. No obstante, se ha de señalar que las alas mojadas de las aves proporcionan menos aislamiento y, por lo tanto, en climas húmedos las distancias de seguridad entre las partes energizadas deberán basarse en distancias de envergadura y de 'tobillo a punta del ala' de las especies más protegidas en el área que se perchan (Foto: Bureau Waardenburg).

Modificar las estructuras para permitir un vuelo seguro puede incluir una o más de las siguientes estrategias (APLIC, 2006):

- i) diseño o configuración de los tendidos: aumentando la separación para lograr una separación adecuada para las especies afectadas. Cuando el tendido eléctrico esté situado dentro del área de distribución de grandes aves de presa o cigüeñas, esta distancia debería ser mayor de los **1,4m** (o incluso de 1,8 m en el caso de los buitres, véase debajo);
- ii) aislamiento: cubriendo las partes energizadas y/o cubriendo las partes de tierra con materiales adecuados a fin de ofrecer una protección ante el contacto fortuito a las aves. Es mejor utilizar aislantes suspendidos y desconectores verticales, si existen aislantes verticales o desconectores horizontales éstos deben cubrirse. La longitud de las cadenas aisladas debe ser mayor de **0,70m**;
- iii) aplicar técnicas de gestión de perchas.

Diseño o configuración de líneas

Se consigue de forma relativamente fácil mediante el diseño técnico de la punta del poste. El diseño puede tener un enfoque o una combinación de dos: bien para garantizar que el espacio en la percha probablemente preferido por las aves en la punta del poste quede claramente libre de componentes peligrosos; o para garantizar que los componentes peligrosos estén lo suficientemente separados por un hueco para garantizar que las aves no los toquen. Esta última opción, aunque es una muestra peor, puede resultar en unas puntas de postes significativamente mayores, con el consecuente aumento de costes, razón por la que se suele emplear una combinación de ambos enfoques.

Las modificaciones en el diseño de las líneas a fin de mitigar las aves heridas deberían incluir el suficiente espacio entre los diferentes conductores y entre los conductores y las tomas de tierra o el hardware. Las distancias cortas entre conductores suelen darse en torres de desvío, empalmes y puntos

terminales de los sistemas de distribución. En Europa se requiere una distancia mínima de 1,4 m entre los tendidos eléctricos y un espacio mayor de 0,6 m entre un probable lugar de percha y las partes energizadas a fin de reducir el riesgo de electrocución (Haas & Nipkow, 2006; Haas & Schürenberg, 2008). En países con un gran número de aves de presa que se perchan, como las águilas grandes y los buitres, estas distancias deberían ser mayores (*es decir* >2,7 m entre los tendidos eléctricos y >1,8 m entre las perchas y las partes energizadas en África). La tabla de la siguiente página muestra directrices sobre los requerimientos; estos han sido publicados anteriormente en un informe publicado por el Convenio de Berna (Haas *et al.*, 2005) y han sido actualizados recientemente en Haas & Schürenberg (2008).

Aislamiento

Allí donde los postes o torres de alta tensión o hardware de subestaciones representan un riesgo de electrocución para las aves debido a la falta de espacio entre el hardware crítico (véase párrafos anteriores) es posible corregir la situación con una mitigación adicional. Esto suele tomar forma de materiales aislantes que se integran en los componentes críticos de la estructura para que dicho componentes resulten neutros. En algunos casos, este aislamiento toma forma de productos diseñados a petición del consumidor para aislar ciertos componentes, y en otros casos se emplean otros materiales más universales y genéricos que se pueden adaptar *in situ* para aislar varios componentes. Un rasgo común de la mayoría de estos productos es que a menudo no proporcionan un aislamiento completo y no deberían considerarse seguros para los humanos. A menudo, estos materiales sólo cubren los componentes peligrosos, reduciendo la posibilidad de electrocución sin eliminarla totalmente.

La modificación del aislamiento (polímeros) podría llevarse a cabo en las líneas de tierra, conductores de fase (figura 6), crucetas (figura 7) y cables de puente (figura 8), tanto en las posiciones de la llave y en los terminales, especialmente donde las tomas energizadas descubiertas conectan los transformadores. Aislando totalmente las tomas, los aislantes ya no serán necesarios y las tomas pueden sujetarse directamente a los postes (figura 9). No obstante, conectar los tendidos eléctricos a aislantes colgantes más grandes debajo de las crucetas (aislantes colgantes) en lugar de a aislantes verticales también ayuda a reducir el problema (figura 4). También es importante que los aislantes no estén sujetos a crucetas con pernos metálicos o materiales conductores similares, pues ello podría resultar en un circuito a través del pájaro que podría colgarse de un aislante como ese. La sustitución del acero en los postes eléctricos también se propone como una medida de mitigación eficaz, especialmente en las abrazaderas de las crucetas.

Tipos de estructuras de postes	Mínimo espacio de conductor a conductor	Mínimo espacio de conductor a tierra	Añadido a la mitigación/comentario
Estructuras terminales (transformadores) (figura 3)	-	-	Todas las estructuras terminales deberían estar construidas con el suficiente aislamiento sobre los cables de puente y filtros de subidas de tensión
Estructuras de tensión (donde se emplean los puentes) (figura 8)	-	-	Al menos dos cables de puente deben estar suspendidos debajo de la cruceta y el tercer puente debe estar aislado. De modo alternativo, todos los puentes deberían estar aislados (Figura 8)
Estructuras de despegue	-	-	Todos los puentes deberían estar aislados (figuras 3 y 8)
Interruptores/aislantes	-	-	Los interruptores deberían estar diseñados para que sea poco probable que las aves se perchen sobre los conmutadores y/o que todos los componentes peligrosos estén aislados. El conmutador debería estar preferiblemente construido debajo de la cruceta. De modo alternativo, los lugares de percha aislados están instalados muy por encima del conmutador a lo largo (figura 5)
Estructuras intermedias con configuración horizontal de las líneas (figura 4)	Lo suficientemente largo para dar cabida a la envergadura (o ‘de muñeca a muñeca’) de las especies de aves más grandes del país que se perchan si las tres fases se encuentran sobre la cruceta. De modo alternativo, dos conductores externos deberían estar suspendidos debajo de la cruceta. Por ejemplo, 2.700 mm en Sudáfrica, basados en los buitres grandes.	Igual que el espacio de conductor a conductor	Si sobre la cruceta hay colocados tres conductores, el conductor central puede aislarse para lograr el espacio necesario entre dos conductores externos (figura 13)
Estructuras intermedias con una configuración de las líneas vertical o ‘delta’	Los suficientemente grande para dar cabida a la dimensión de ‘punta del pie a la punta del pico o alas extendidas’ o ‘de pies a cabeza’ (figura 2) de	Igual que el espacio de conductor a conductor	En estructuras verticales consecutivas de 66 kV a 132 kV, también podría aplicarse una mitigación adicional en forma de ‘percha para aves’ y de barra diagonal para evitar que se posen sobre las crucetas, pero vean el

	<p>las especies más grandes ahí presentes.</p> <p>Por ejemplo, 1.800 mm en Sudáfrica, basados en los buitres grandes.</p>		<p>texto sobre 'técnicas de gestión de perchas'</p>
--	---	--	---



Figura 3. Izquierda: Subestación de distribución con algunas partes energizadas poco espaciadas potencialmente peligrosas para las aves. La modificación podría incluir el aislamiento de cables suspendidos verticalmente y una separación espacial de las partes energizadas. Derecha: poste terminal de la línea de distribución; los cables de puente (flecha) están montados debajo de los conductores y los aislantes tienen más de 60 cm de largo, proporcionando una percha segura para las aves en la punta del poste (Fotos: Bureau Waardenburg).



Figura 4. Izquierda: una línea horizontal de bajo voltaje segura con tres conductores suspendidos debajo de la cruceta con aislantes lo suficientemente largos. Derecha: una línea de bajo voltaje en Islandia peligrosa para grandes aves zancudas, como el Chorlo Trinador (*Numenius phaeopus*) y el Aguja Colinegra (*Limosa limosa islándica*), y para grandes aves de presa (en este caso el Pigargo Europeo (*Haliaeetus albicilla*) y el Halcón Gerifalte (*Falco rusticolus*)) por los conductores adjuntados a aislantes cortos en la parte superior de las crucetas. En este caso, la modificación podría incluir aislar el cable conductor central y/o cubrir los aislantes (Foto: Bureau Waardenburg).

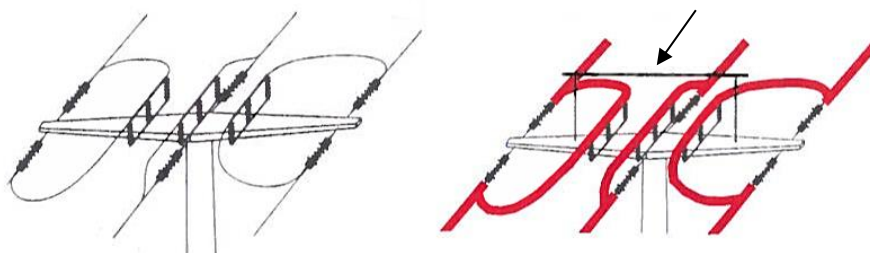


Figura 5. Izquierda: postes de medio voltaje con conmutador peligrosos para las aves que se perchan por la corta distancia entre las partes energizadas. Derecha: el mismo poste después del aislamiento de todos los cables energizados próximos a la cruceta (en rojo) y de instalar perchas seguras aislantes (véase flecha) (Fuente: Haas et al., 2008).

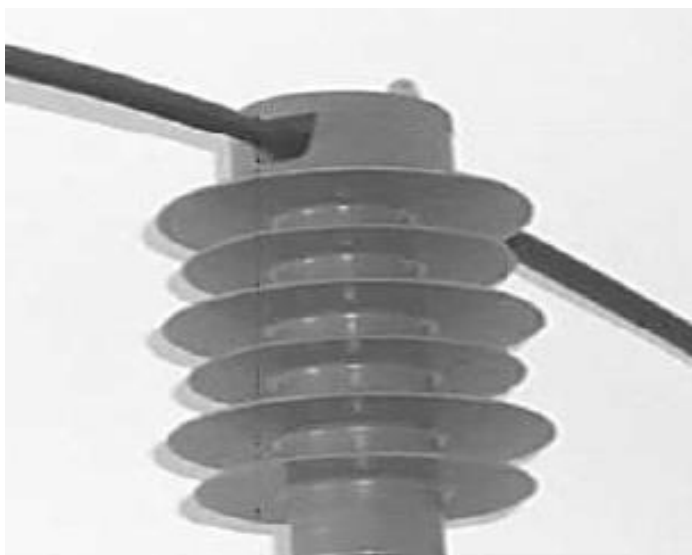


Figura 6. Ejemplo de un cable conductor aislado (cable negro) empleado en Hungría (Fuente: Podonyi, 2011).



Figura 7. Aislamiento de cruceta llevado a cabo en Hungría (Fuente: Horvath et al., 2011).



Figura 8. Una estructura de postes consecutivos segura con cables de puente aislados (flechas negras) y aislantes lo suficientemente largos (flecha rota) (Foto: EWT-WEP).



Figura 9. Cable de media tensión totalmente aislado en España suspendido de un poste de cemento sin necesidad de aislantes (Fuente: Haas, 2011).

La electrocución de rapaces y las colisiones de aves acuáticas se han reducido de manera drástica en el Parque Nacional de Doñana desde 1998, cuando se reemplazaron los cables más peligrosos por cables aéreos aislados que forman un solo bucle (Figura 9). La operación, que afectó a 33 km de cables, constó aproximadamente 1.5 millones de dólares estadounidenses. Este esfuerzo ha demostrado ser la estrategia más eficiente de gestión para proteger al Águila Imperial Ibérica en el Parque (Negro & Ferrer, 1995 y las referencias allí indicadas).

Técnicas de gestión de perchas

Las crucetas, aislantes y otras partes de los tendidos eléctricos pueden montarse de tal modo que no haya espacio suficiente para que las aves se perchén en zonas próximas a los cables energizados. Esto suele ocurrir en los dispositivos de exclusión o que desalientan a las aves a perchar (figuras 10 y 11), pero a menudo dan incluso más problemas que beneficios. Dado que las aves continúan tratando de percharse sobre las construcciones y el espacio es incluso más limitado, las aves tienen mayor riesgo de tocar los cables energizados. Por ejemplo, en Mongolia, el 45% de los postes a lo largo de 140 kilómetros de sección de tendido eléctrico tiene crucetas de acero modificadas con de uno a cuatro picos contra aves de 38 cm para desalentar a perchar. No obstante, a pesar de la presencia de estos picos, el 50% de todos los cadáveres de aves de presa se hallaron debajo de estos postes y, por lo tanto, no hubo una diferencia significativa de la mortandad en los postes con y sin desalentadores para perchar (Harness *et al.*, 2008). Por otro lado, se ha logrado un éxito considerable al proporcionar perchas (figuras 12 y 13) y plataformas para anidar (figuras 14 y 15) artificiales seguras para las aves, las cuales están situadas a una distancia segura de las partes energizadas (Bayle, 1999; Goudie, 2006).

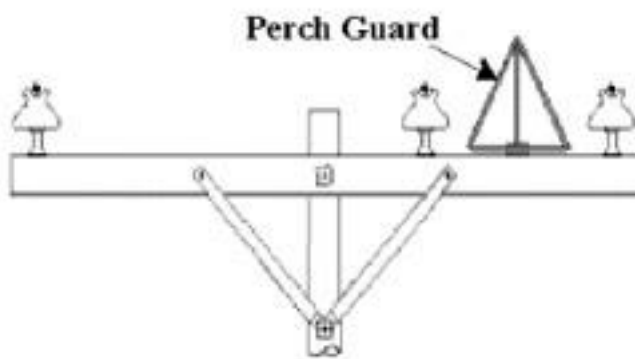


Figura 10. Poste de distribución con guardaperchas como dispositivo para desalentar (fuente: Hunting, 2002).



Figura 11. Postes de distribución con ángulos asimétricos en la parte superior (véase flecha) y placas metálicas como dispositivo para desalentar a las aves (Foto: DP-Distribution, Portugal;), y poste de distribución con pinchos de exclusión de aves y un poste diseñado para la anidación para la Cigüeña blanca en las cercanías. (Foto: Carlos Tiago).



Figura 12. Un Azor Galartijero Claro (Melierax canorus) posado de forma segura en una 'percha para aves' (Foto: EWT-WEP).

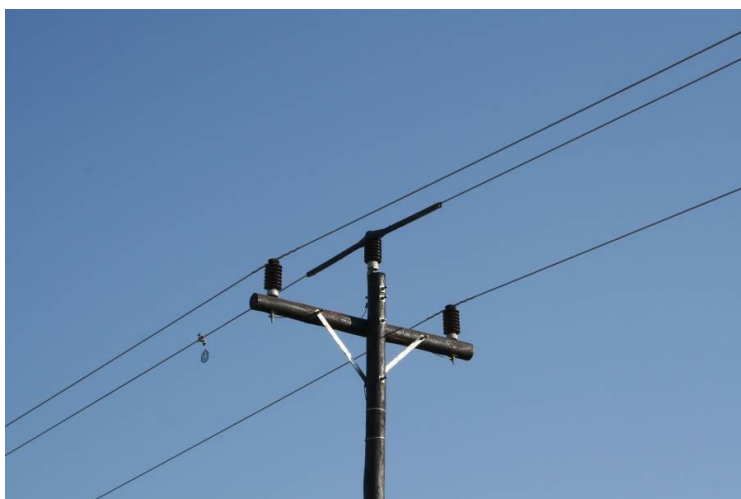


Figura 13. Un 'protector de aves rapaces' empleado para aislar el conductor central de la estructura de un poste de 22 kV proporcionando las distancias lo suficientemente grandes entre los conductores no aislados para que las aves perchen de forma segura (Foto: EWT-WEP).

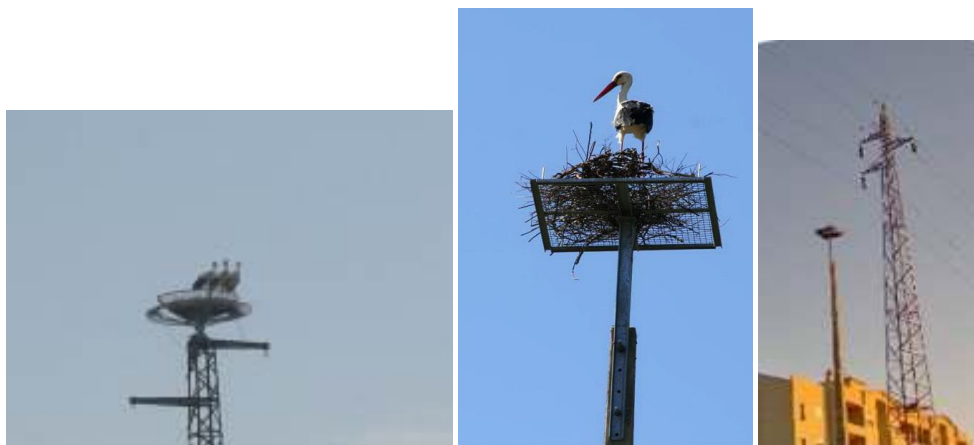


Figura 14. Ejemplo de un dispositivo de percha para cigüeñas en Argelia (imagen izquierda tomada de la investigación devuelta a Argelia; S. Hamida, Head of Wetlands Office, General Direction of Forests, Argelia, in litt.) y ejemplo en Portugal de postes con plataformas para anidar para la Cigüeña Blanca empleados para atraer a las cigüeñas y evitar que aniden en los mástiles de los tendidos eléctricos (imagen derecha tomada de la investigación entregada a Portugal; J. Loureiro, ICNB, in litt.).



Figura 15. Nido de Águila Pescadora en una plataforma artificial en una línea de transmisión de medio voltaje, Muritz National Park, Alemania (Foto; Bureau Waardenburg).

Desalentar a las aves a aterrizar en los tendidos eléctricos

Los desalentadores visuales ya se han probado anteriormente (como el empleo de siluetas de aves de presa situadas en torres de alta tensión para desalentar a las aves a volar sobre las líneas, Janss *et al.*, 1999), pero se ha demostrado que son inefectivos. Es casi seguro que las aves ya se hayan habituado a estos dispositivos. Los desalentadores sonoros o acústicos tienen potencial, aunque no hay bibliografía disponible sobre su eficacia. Se ha adelantado que la habituación podría ser un reto para este enfoque. No todas estas técnicas pueden aplicarse en grandes distancias sin correr con grandes costes y sin que pierdan su eficacia con el paso del tiempo. Las soluciones permanentes (diseño de líneas o aislamiento y materiales aislantes) según indicado arriba son mucho mejores y mucho más económicas.

Modificación del hábitat

La modificación del hábitat puede utilizarse de varias maneras, incluyendo: revestimiento de la línea con árboles; alterando la atracción del hábitat próximo a la línea; y cambiando los niveles de alteración próximos a la línea. No obstante, con todas estas opciones suelen surgir desafíos de nivel espacial. Por lo tanto, la modificación del hábitat podría necesitar ser aplicada a gran escala para poder manipular el movimiento de las aves con éxito. En algunos casos, las secciones de línea también pueden representar

un riesgo, requiriendo de ese modo un grado significativo de modificación del hábitat, sin mencionar los costes medioambientales y financieros.

5.2. Mitigación de las colisiones

Una vez que la infraestructura ya existe, la modificación de la línea de varios modos es el otro enfoque conocido y el más ampliamente empleado (APLIC, 1994; Hunting, 2002; Crowder & Rhodes, 2001; Drewitt & Langston, 2008). La modificación de la línea puede tomar varias formas, que en términos generales puede dividirse en aquellas medidas que hacen que los tendidos eléctricos no supongan tanto un 'obstáculo' con el que las aves colisionen, aquellos que mantienen a las aves alejadas del tendido eléctrico (véase arriba en 'desalentar a las aves a aterrizar en los tendidos eléctricos y modificación del hábitat') y aquellas que hacen más visibles los tendidos eléctricos.

Diseño o configuración de líneas – presentando un menor riesgo de 'obstáculo' para las aves

Aunque las diferentes especies de aves vuelan a alturas diferentes sobre el suelo, hay una opinión general de que cuanto más bajos estén los cables de los tendidos eléctricos, mejor se podrá prevenir la colisión. También hay una opinión general de que se prefiere una menor separación vertical de los cables, pues representan menos un 'obstáculo' con el que las aves puedan colisionar. Por lo tanto, se prefiere una separación horizontal de los conductores (figuras 16, 17 y 18). Puesto que las colisiones de las aves han quedado registradas por la persona o los cables guía de las torres, se prefiere la construcción de torres de auto-ayuda que no requieren cables guía. Se cree que las aves colisionan más a menudo con el cable de tierra o guía (el cable más fino en la parte superior de la estructura de un tendido eléctrico, figura 16). Por lo tanto, eliminando este cable o diseñando tendidos eléctricos desde el principio sin este cable es una medida de mitigación potencial de las colisiones (Brown *et al.*, 1987; Bevanger & Brøseth, 2001). Se ha demostrado que esto resulta eficaz para proteger a las aves, pues varían en tamaños y biología como las grullas (*Gruidae*) y la perdiz nival (*Tetraonidae*) (en Jenkins *et al.*, 2010). No obstante, puesto que estos cables se emplean para proteger la infraestructura de los rayos, es poco probable que se emplee ampliamente como medida, a menos que se desarrolle una alternativa viable para la protección contra los relámpagos.



Figura 16. Una línea de 400 kV con todos los cables conductores en el mismo plano horizontal. Esta imagen también muestra el fino cable de tierra casi invisible (flecha negra) en la parte superior (foto: EWT-WEP).



*Figura 17. Una línea de 380 kV con cables conductores bajos colgando de los portales en un plano horizontal para minimizar el riesgo de colisión del Cormorán Grande (*Phalacrocorax carbo*), la Espátula Común (*Platalea leucorodia*) y la Garza Imperial (*Ardea purpurea*), que salvan este tramo de línea a diario a la vez mientras conmutan entre la colonia de reproducción y las áreas de recolección, Muiden, Países Bajos (Foto: Bureau Waardenburg).*



Figura 18. Una configuración de cable vertical con cables en cuatro niveles (conductores trifásicos y un cable de tierra). Comparar con las cifras de arriba, donde la configuración horizontal resulta en cables de sólo dos niveles. La disposición vertical multi-nivel es más peligrosa para las aves, porque supone un obstáculo en un plano mayor (foto: EWT-WEP).

Marcadores de líneas – hacer las líneas más visibles para las aves

i. Dispositivos para marcar líneas

Puesto que se supone que las aves colisionan con los cables en el aire porque no los pueden ver, revestir los cables con dispositivos para hacerlos más visibles para las aves durante el vuelo se ha convertido en la opción de mitigación preferida en todo el mundo. Además de hacer más gruesos, revestir o dar color a los cables de tierra a menudo menos visibles, con el paso del tiempo se ha desarrollado un amplio surtido de dispositivos potenciales para 'marcar las líneas', incluyendo: esferas,

placas colgantes, delimitadores en espiral vibradores, cintas, desviadores del cisne en vuelo, desviadores de aves en vuelo, aletas, esferas marcadoras aéreas, lazos, correas, banderas, corchos de pesca, bolas de aviación y cintas cruzadas (figuras 19-21). Hay una gran cantidad de bibliografía disponible sobre la eficacia de tales dispositivos marcadores para mitigar la mortandad en las colisiones, algunos ejemplos tomados de los Corredores Aéreos de la región de África-Eurasia presentados en el informe de estudio de AEWA/CMS Estudio internacional sobre interacciones entre aves y tendidos eléctricos (Prinsen *et al.*, 2011a). Aunque en general se carece de investigaciones con evaluaciones de calidad de la efectividad de estos dispositivos a nivel internacional, las pruebas hasta ahora sugieren generalmente resultados positivos (Jenkins *et al.*, 2010; Barrientos *et al.*, 2011). Jenkins *et al.* (2010) concluye que salvo algunas excepciones notables, “cualquier forma de marcador suficientemente grande (que haga más grueso el aspecto de la línea al menos 20 cm, a una longitud de al menos 10-20 cm), situado con la suficiente regularidad (al menos cada 5-10 m) bien en los cables de tierra (preferiblemente) o en los conductores, tiende a reducir las tasas de colisión en un 50-80% por lo general”. Barrientos *et al.* (2011), revisando 21 estudios de marcación de cables, concluye de forma similar que la marcación de cables reduce la mortandad de las aves en un 55-94%. Además, las comparaciones de dos dispositivos de marcación diferentes bajo las mismas condiciones (Janss & Ferrer, 1998; Brown & Drewien, 1995; Crowder, 2000; Anderson, 2002) revelaron que únicamente las tiras de plástico delgadas (Janss & Ferrer, 1998) no eran tan eficaces como las otras alternativas. A parte de esto, las diferencias de eficacia entre los dispositivos clasificados era insignificante.



Figura 19. Línea de distribución de medio voltaje con pequeñas espirales (las llamadas ‘colas de cerdo’) situadas a intervalos regulares en los conductores como desviadores de aves en vuelo (foto: Bureau Waardenburg).



Figura 20. Tendido eléctrico de alta tensión (150 kV) en los Países Bajos con aletas (véase flechas) situadas a intervalos regulares en ambos cables de tierra como desviadores de aves en vuelo, véase también Recuadro 1 (Foto: Bureau Waardenburg).



Figura 21. Varios dispositivos de marcación de líneas (incompletos). En cada foto, un bolígrafo (aprox. 14 cm de largo) sirve a modo de escala (foto: EWT-WEP).

Varias mejoras en los dispositivos incluyen recientemente el énfasis de una coloración adecuada para maximizar el efecto dentro del espectro visual en el aire (Crowder & Rhodes, 2001) y aumentar la

ayuda de unos dinámicos dispositivos 'reflectantes' (dispositivos con partes móviles) en lugar de dispositivos estáticos (en Jenkins *et al.*, 2010). Estas mejoras podrían tener mérito, pero deben estar respaldadas por muchas pruebas científicas (véase también **Recuadro 2**). Además, se cree que las colisiones nocturnas son importantes en varias especies (p.ej. Brown & Drewien, 1995; Hunting, 2002). Varios dispositivos con potencial nocturno, algunos con partes iluminadas (p.ej., desviadores), han sido desarrollados pero, en la actualidad, su eficacia es levemente conocida (véase también Recuadro 2).

Hay margen para mejorar la eficacia de los dispositivos de marcación de líneas. Para lograr estas mejoras, necesitamos mirar con más atención a la vista de las aves. En la actualidad, Martin & Shaw (2010) y Martin (2011) han dirigido la primera investigación conocida sobre los campos visuales de las aves en relación con las colisiones en los tendidos eléctricos. Los hallazgos claves de la investigación y las conclusiones teóricas incluyen:

- la visión de las aves difiere de la humana de tres modos básicos: visión en color, agudeza y campo visual;
- los ojos de las aves están colocados mayormente en los laterales de la cabeza, el campo visual de las aves (*es decir*, donde pueden ver) es extensivo y difiere entre especies;
- en relación a los humanos, los pájaros tienen pequeños puntos muertos. No obstante, estos puntos muertos pueden cegar a un pájaro en la dirección de viaje si la cabeza o el ojo se mueven de una cierta manera;
- los pájaros tienen unos pequeños campos binoculares, particularmente las grullas o avutardas. La visión binocular es importante para la percepción de la distancia;
- la mayor agudeza visual de las aves y visión en color se encuentra en su campo visual lateral, la visión frontal de las aves puede afinarse para detectar movimiento en lugar de detalles espaciales;
- las aves que vuelan sobre hábitats abiertos podrían 'predecir' que no hay obstáculos delante suya;
- las aves podrían detectar obstáculos tales como torres de alta tensión, y volar hacia ellas con la intención de apartarse en el último momento (dirección y tiempo para las medidas de contacto derivan de este comportamiento) y colisionar únicamente con los cables no detectados.

Basándose en los hallazgos arriba descritos, los futuros desarrollos de dispositivos deberían considerar los siguientes aspectos:

- los marcadores de líneas deberían ser lo más largos posibles e incrementar el grosor visible de la línea a al menos 20 cm, para una longitud de al menos 10-20cm;
- los dispositivos no deberían estar distanciados en más de 5-10 m;
- los marcadores de líneas deberían incorporar el máximo contraste posible con el fondo;
- el color es probablemente menos importante que el contraste;
- el movimiento del dispositivo puede ser importante;
- los marcadores que sobresalen verticalmente tanto por encima como por debajo del cable pueden ser importantes;
- puesto que sospechamos que muchas de las colisiones deben tener lugar por la noche, los dispositivos que son visibles de noche (por iluminación, fosforescencia, radiación ultravioleta y otros modos) serían muy favorables. Aunque teniendo en cuenta que es sabido que las aves se sienten atraídas por los objetos con iluminación.

ii. Características técnicas de los dispositivos

El objetivo de todo dispositivo de marcación debería ser durar tanto como la propia línea, requiriendo únicamente su sustitución cuando la línea sea modificada o reconstruida. No obstante, la experiencia hasta la fecha ha demostrado que raramente se consigue. Para garantizar la durabilidad de los dispositivos lo máximo posible, se debería tener en cuenta lo siguiente antes de instalar nuevos dispositivos:

- los componentes de acero deben ser de acero inoxidable;
- los componentes de plástico deben ser de PVC de gran impacto estables a la radiación ultravioleta (UV);

- las conexiones entre las partes (concretamente el plástico sobre el acero) deben estar reforzadas con ojales de acero inoxidable;
- el dispositivo que sujeta con abrazaderas el mecanismo no debe permitir ningún movimiento una vez instalado en el conector;
- el dispositivo no debe dañar el conductor en el que está colocado;
- el dispositivo no debe causar cercos;
- en los dispositivos que empleen un desviador sujeto a una abrazadera, la zona del desviador no debe poder girarse sobre la abrazadera ni el conductor;
- el mecanismo que forma parte del conector no debe emitir zumbidos;
- el dispositivo debe poder quitarse.

En la medida de lo posible, estos aspectos deberían ser ampliamente probados en un laboratorio/entorno de simulación antes de su instalación.

iii. Instalación de los dispositivos

Los dispositivos deberían instalarse sobre el cable de tierra (también llamado cable guía o revestido) en la medida de lo posible. En las líneas sin cable de tierra, los dispositivos deben instalarse sobre los conductores. Aunque la instalación de estos dispositivos es problemática sobre los conductores de alto voltaje, las líneas de gran voltaje podrían tener no obstante un cable de tierra. Conforme a lo descrito arriba, los dispositivos de marcación de líneas deberían instalarse a intervalos de 5-10 m sobre el cable de tierra en los casos en que exista uno, o sobre los conductores en los casos en que no haya un cable de tierra. Las investigaciones han demostrado que podría ser adecuado instalar los dispositivos en el 60% central del espacio. Por ejemplo, Shaw *et al.* (2010) descubrió que la mayoría de las colisiones ocurren en los tres quintos centrales del espacio. Faanes (1987), Hoerschelmann *et al.* (1988) y Anderson (2002) tuvieron hallazgos similares anteriormente. Aquellos autores postularon que se debía a los cables próximos a las torres de alta tensión y a torres más visibles. No obstante, dado que en muchos casos una gran proporción de los costes de instalación reside en conseguir el equipo y el equipo in situ, probablemente sea mejor marcar la línea entera mientras se está allí, especialmente con las líneas pequeñas <132 kV. Nuestra recomendación es que se marque el 100% del espacio de todas las líneas de 132 kV e inferiores, y que la marcación parcial sólo se baraje en las líneas de mayor voltaje.

RECUADRO 2. Desarrollos actuales en los Desviadores de Aves en Vuelo

Basándose en la información presentada en este capítulo, merecen una especial atención dos nuevos tipos de Desviadores de Aves en Vuelo, pues obedecen ampliamente las características técnicas indicadas para la mitigación exitosa de las colisiones: la aleta utilizada por RWE Rhein-Ruhr Netzservice, Alemania, y el Desviador de Aves en Vuelo de libélula, desarrollado por AB Hammarprodukter, Suecia.

Aletas

Entre 2002 y 2005, RWE construyó y probó ampliamente en los laboratorios nuevos dispositivos de marcado consistentes largas tiras blancas y negras de plástico duro de 50 cm de largo construidas sobre unas abrazaderas de aluminio (figura 20). Desde verano de 2005, más de 13.000 de estas llamadas 'aletas' han sido instaladas en los cables de tierra de tendidos eléctricos de alta tensión en Alemania utilizando un helicóptero especialmente equipado para garantizar un avance rápido en la instalación sin interrumpir el suministro eléctrico. Bernshausen & Kreuziger (2009) demostraron una reducción de las colisiones de más del 90% en las gaviotas en la sección del tendido eléctrico próxima a una gran percha para gaviotas que ha sido actualizada con estas aletas. Más recientemente, en un estudio en los Países Bajos, Hartman *et al.* (2010) detectó una reducción significativa del 80% en las colisiones nocturnas de los patos (Ánade Real (*Anas platyrhynchos*) y Silbón (*Anas penelope*)) en un tramo de cuatro kilómetros de longitud de tendido eléctrico de 150 kV a través de los polders de pradera ricos en aves modificados con estas aletas (figura 20). No obstante, para la Focha (*Fulica atra*), de la que se hallaron varias decenas de víctimas de colisiones y que también se creyó que colisionaron por la noche, la reducción en las víctimas de colisiones fue insignificante. Para especies que colisionaron durante el día (p.ej., gaviotas, aves zancudas, palomas) la reducción estadísticamente insignificante ascendió al 67%, pero el número de víctimas por especie era demasiado bajo para calcular reducciones de especies concretas (véase también Prinsen *et al.*, 2011b).

Las aletas alemanas son grandes y ricas en contrastes y las tiras se mueven individualmente con el viento, creando un efecto intermitente que probablemente los hace más visibles para las aves que se acercan al ponerse el sol o incluso de noche. Dado su peso, no es posible instalar un gran número en un sólo espacio de un cable de tierra, las distancias entre las aletas individuales es normalmente de varias decenas de metros.



Para más información técnica: www.rwerheinruhrnetzservice.com

Desviador de Aves en Vuelo de libélula

La libélula consiste en un disco de plástico duro giratorio o en una placa rectangular con partes fluorescentes (p. ej. las imágenes en la parte superior izquierda y derecha en la figura 21). Estos dispositivos reflejan la luz del sol durante las horas de luz y emiten una luz luminiscente durante la puesta de sol y la noche. Este brillo y refracción de la luz permite a las aves cambiar sus parámetros de vuelo para alejarse de los cables marcados y evitar las colisiones. La velocidad del giro de la libélula aumenta su eficacia, aunque hasta ahora sólo se han publicado unos cuantos resultados. Yee (2007) detectó un 60% de reducción en el número de víctimas mortales de Grulla Canadiense (*Grus canadensis*) bajo una línea de distribución modificada de 12 kV y Murphy *et al.* (2009) informó de una reducción de hasta el 67% en el número de víctimas mortales de la misma especie bajo dos líneas de transmisión modificadas de 69 kV. Dado su tamaño relativamente pequeño y su ligero peso, las distancias entre los Desviadores de Aves en Vuelo de libélula individuales pueden ser pequeñas, a menudo dentro de la distancia indicada de 5-10 m.

Para más información técnica: www.hammarprodukter.com

6. Impacto del monitoreo y evaluación de la eficacia de la mitigación

Identificar una electrocución o un impacto de colisión

En un principio, muchos de los problemas de electrocuciones y colisiones de aves se identifican por el hallazgo de cadáveres bajo los tendidos eléctricos por los empleados de la compañía, terratenientes, el público, investigadores, conservacionistas u observadores de aves. En muchos de los casos, no es resultado de una búsqueda sistemática de líneas, sino hallazgos fortuitos. Afortunadamente, muchas de las víctimas por electrocución caen cerca de la base de los postes y no en medio del espacio, como en las colisiones. Esto aumenta las posibilidades de hallazgo, pues el acceso a los postes es normalmente mejor y el personal de mantenimiento normalmente visita los postes más a menudo. Otra razón por la que las víctimas de electrocución tienen una mayor posibilidad de ser encontradas que las víctimas de colisiones es que la electrocución suele originar una bajada de tensión o apagón, pues realmente es un cortocircuito. Esta bajada o apagón queda registrada en el sistema de las compañías eléctricas y en muchos casos puede dar paso a una investigación de campo por parte del personal de la compañía eléctrica. No obstante, al igual que con las colisiones, numerosas imparcialidades afectan todavía a estos datos, incluyendo, entre otros, la proximidad del tendido eléctrico a carreteras, el tipo de vegetación, tamaño del ave, color del ave y topografía.

El siguiente paso en el proceso, la persona que realmente indica la mortandad por electrocución a las correspondientes autoridades, está nuevamente plagado de imparcialidades. Por ejemplo, es más posible que se informe del hallazgo de una especie en peligro de extinción que una especie común, y de las especies con las que exista una afinidad, como cigüeñas, que seguramente de los buitres (los cuales sufren una mala reputación). Por lo tanto, no es sorprendente que muchos conjuntos de datos hayan sido predispuestos a especies en peligro de extinción o carismáticas, más importantes o grandes. Aunque estos datos pueden ser un indicativo útil de un problema potencial de electrocución o colisión, no debería confiarse demasiado en evaluar la amplitud o significancia del problema.

En la medida de lo posible, deben llevarse a cabo investigaciones sistemáticas de líneas y monitoreo regular de líneas para generar datos más rigurosos que puedan facilitar una toma de decisiones segura (véase **Recuadro 3**).

Evaluación de la eficacia de la mitigación

La evaluación de la mitigación es un componente esencial, pero que a menudo se pasa por alto en el enfoque para reducir la electrocución y las colisiones de las aves (p. ej., APLIC, 2006; Barov, 2011; Barrientos *et al.*, 2011). Normalmente, la medición de la efectividad de cualquier medida de mitigación se lleva a cabo mediante el monitoreo sistemático de la sección de línea correspondiente. Esto implica conducir o andar a lo largo del tendido eléctrico y buscar víctimas de colisión (cadáveres de aves). Estos datos están sujetos a tantas imparcialidades como los enfoques de detección (el porcentaje de aves muertas que se encuentran realmente, lo cual varía con el hábitat y la topografía), el enfoque de retirada por parte de los carroñeros (el porcentaje de aves que colisionan, que permanecen después de un cierto periodo de tiempo, no retirados por los carroñeros) y el enfoque de consecuencias catastróficas (aquellas aves que han quedado heridas pero que pueden alejarse del tendido eléctrico lo suficiente como para evitar su hallazgo). Los experimentos y pruebas pueden proporcionar información adicional que permita que estos enfoques sean estimados para mejorar los niveles de seguridad en las tasas finales estimadas de colisión (véase **Recuadro 3**). Uno de los retos para este tipo de trabajos es la gran cantidad de tiempo que dedican los observadores de campo, especialmente si las patrullas de las líneas se realizan con una frecuencia razonable. Una forma de superar esto es empleando un recopilador de datos a distancia mediante dispositivos tales como el Indicador de Impactos de Ave (Arun *et al.*, 2008; Murphy *et al.*, 2009), que registra las colisiones de las aves mediante sensores de vibración en el cable (figura 22).

Se recomienda enormemente que los programas de evaluación y monitoreo, diseños estudiados y protocolos sean estandarizados internacionalmente para superar las grandes diferencias en las

metodologías actualmente en uso. Muchas investigaciones (APLIC, 2006; Jenkins *et al.*, 2010; Barrientos *et al.*, 2011) concluyen que el rigor experimental (en términos de esfuerzos espaciales y temporales) y los estándares son insuficientes para interpretar los datos de sonidos estadísticos y científicos, lo cual puede utilizarse, por ejemplo, para comparar las medidas de mitigación entre especies y áreas o establecer el impacto de los tendidos eléctricos sobre la población de aves a escala regional o mayor.

RECUADRO 3: Más investigaciones y monitoreos sistemáticos de líneas

Debajo presentamos algunas sugerencias para unos enfoques más estandarizados y sistemáticos de las búsquedas y monitoreos de líneas. Dado que los factores que afectan la búsqueda eficaz, como la tasa de carroñeros, la accesibilidad del terreno, *etc.*, varían enormemente entre los lugares de estudio, no es posible presentar un método que sea aplicable en todas las situaciones, y los perfiles de los estudios podrían requerir ser desarrollados en una base de caso a caso. Sin embargo, los siguientes temas son importantes para considerar e incorporar a un estudio como este un protocolo para hacer los estudios más comparables.

Cobertura espacial y temporal

Los buscadores de líneas de víctimas de tendidos eléctricos (tanto para identificar los impactos, como para evaluar las medidas de mitigación) deberían ser lo suficientemente amplios, tanto espacial como temporalmente. Muchas víctimas de colisiones se encuentran a una distancia de 50 metros del tendido eléctrico, pero, en la medida de lo posible, en el protocolo de búsqueda deberían incorporarse distancias mayores a la línea para garantizar que aquellas víctimas que hayan caído al suelo más lejos queden incluidas. Por lo tanto, el área de búsqueda debería incluir un área de al menos los 40-50 metros, en ambos lados, contando desde el centro de la línea. Dependiendo del tamaño de las víctimas (desde pequeños passeriformes a grandes cisnes), el tipo de terreno (superficie irregular, depresiones, rocas, *etc.*) y de la cobertura de la vegetación (tamaño y estructura), es necesario ajustar la intensidad de la búsqueda. Un observador debería poder encontrar aves de tamaño medio (p. ej., patos) en terrenos planos con poca vegetación en un radio de 10 metros a su alrededor. El terreno se ha de cubrir preferiblemente a pie, pero en las grandes áreas peladas abiertas las búsquedas pueden llevarse a cabo en coche. Dado que la mayoría de víctimas por electrocución caen cerca de la base del poste, en el caso de un monitoreo de electrocuciones, un radio de búsqueda de 10 metros alrededor de los postes y torres de alta tensión sería suficiente.

Las búsquedas de víctimas deberían llevarse a cabo con la suficiente frecuencia para prevenir que se pierdan demasiadas víctimas por los carroñeros. Cuanto más pequeñas son las aves heridas, más a menudo se deben llevar a cabo las búsquedas. Para la mayoría de aves acuáticas (de pequeño y mediano tamaño) y para las aves de caza, es suficiente una búsqueda intensa de una o dos veces por semana. Cuando únicamente se busquen aves grandes visibles (cisnes, cigüeñas, águilas, grullas, buitres), serán suficientes las búsquedas cada dos semanas.



Grulla del Paraíso (Anthropoides paradisea), víctima de colisión con una línea de transmisión en Sudáfrica hallada durante una búsqueda dedicada a víctimas de colisiones de estas especies. Aproximadamente el 12% del total de la población de Grullas del Paraíso en el área de estudio de Overberg, en la Provincia Occidental del Cabo, podrían morir cada año en colisiones con tendidos eléctricos (foto: EWT-WEP).

Qué anotar cuando se encuentra un cadáver

Por supuesto que es necesario establecer qué especies están implicadas. A menudo, esto podría resultar difícil cuando sólo se hallan algunas partes de los cadáveres. No obstante, hay algunas páginas web y libros que detallan la identificación de aves por sus plumas. La ubicación del cadáver debería indicarse en un mapa o molde para identificar más adelante las secciones de líneas o postes más problemáticos. También se puede proporcionar información de con qué línea (cables conductores o de tierra) ha colisionado el ave. Debería anotarse la información sobre la edad o el sexo del ave para analizar el efecto de la edad y el género con respecto a la susceptibilidad de electrocución y colisión. Finalmente, es importante indicar si el ave fallecido realmente ha sufrido un impacto con el tendido eléctrico o si existe otra razón para la muerte del ave.

Causa de la muerte

Si fuera posible, se ha de determinar la causa de la muerte realizando una autopsia para excluir otras causas de muerte no naturales distintas a la electrocución o colisión, tales como disparos o muertes por otras aves de caza. Las pruebas de electrocución pueden incluir marcas visibles de quemaduras en las alas, patas o picos como p. ej. pequeños orificios de quemaduras bien definidos en las plumas, áreas con quemaduras superficiales en los actuales puntos de entrada y salida, o grandes áreas necróticas en los miembros. Las pruebas de colisión pueden incluir huesos fracturados de las extremidades (alas, patas y huesos de los hombros), vértebras rotas y fracturas de cráneo, alas y extremidades arrancadas, heridas en la carne, heridas de impacto en la cabeza o en el cuerpo donde el ave chocó con el cable. Las aves que hayan sido disparadas a menudo presentan huesos destrozados, salpicaduras de sangre, contusiones y heridas de bala (referencias en APLIC, 2006; Haas *et al.*, 2005).

Experimentos de búsqueda, de detección y retirada de carroñeros

Las búsquedas dedicadas a las líneas y a las evaluaciones de las medidas de mitigación deberían incluir experimentos para corregir los enfoques de detección de los buscadores y los enfoques de retirada de carroñeros. Las tasas para corregir ambos enfoques deberían estar establecidas con experimentos en los que los cadáveres estén distribuidos debajo y cerca de las secciones de los tendidos eléctricos estudiados.

En los experimentos de detección de los buscadores, los buscadores no están al corriente de que los compañeros investigadores han colocado cadáveres de 'prueba'. Por lo tanto, los administradores de los procesos deberían tener cuidado de no colocar demasiados cadáveres de una vez o dejar huellas, tales como huellas dactilares o etiquetas en los cadáveres a procesar, pues de lo contrario podrían influir en la intensidad de la investigación. Preferiblemente, los cadáveres de 'prueba' han de ser similares en tamaño y color a los de las especies normalmente halladas en los estudios de impacto. En casos en los que un amplio rango de víctimas de electrocución y colisión se vean involucradas, los cadáveres de prueba deberían ser de varios tamaños (aves pequeñas, medianas y grandes) y colores. Emplear cadáveres de pollos o palomas como sucedáneos es disuasorio, pues a menudo son retirados más rápidamente por los carroñeros que las especies que se encuentran normalmente como víctimas de electrocución o colisión. También se informará a los buscadores de los experimentos en desarrollo.

La duración y temporada de las pruebas también es de tanta importancia como los intervalos entre la búsqueda de cadáveres. Por ejemplo, especialmente en las latitudes norte, algunos carroñeros vertebrados podrían tender más a retirar cadáveres durante el otoño a fin de generar grasa corporal para el invierno (Smallwood, 2007). También es importante no sacar demasiados cadáveres de una vez, pues esto podría dar a los carroñeros más de lo que pueden retirar y los procesos y cadáveres podrían resultar poco atractivos como comida, dados los procesos de podredumbre o momificación. Esto podría alterar gravemente los cálculos de mortandad. Smallwood (2007) describe otras fuentes de potencial de error y de enfoque en este tipo de experimentos, tales como el empleo de cadáveres congelados y completos en lugar de cadáveres descuartizados, así como detalles del cálculo de factores de corrección.

El monitoreo del movimiento de las aves vivas se lleva incluso menos comúnmente a cabo que las investigaciones de aves muertas. Sin estimaciones de cuántas aves cruzan realmente la línea durante el vuelo, las tasas de colisión calculadas en las investigaciones de muertes de aves son menos significativas. Una observación directa del movimiento de las aves vivas requiere muchísimo tiempo. No obstante, las técnicas a distancia como los radares pueden utilizarse para obtener datos con menos necesidad de recursos humanos (p. ej., Gyimesi *et al.*, 2010; Hartman *et al.*, 2010; Krijgsveld *et al.*, 2010; Prinsen *et al.* 2011b), aunque se requiere las observaciones de tierra de los datos del radar. En algunos países, la ayuda de voluntarios de organizaciones de conservación de aves y de investigación es una fuente de mano de obra bien recibida, pero en la mayoría de países de la región de África-Eurasia esta fuente de mano de obra y conocimientos simplemente no está disponible.



Figura 22. Indicador de Impactos de Ave (BSI) adjunto a un tendido eléctrico. El BSI es un dispositivo relativamente pequeño que puede adjuntarse a un único cable de una línea eléctrica y registrar automáticamente las colisiones de aves en base a las vibraciones del cable.

7. Fuentes de información y orientación recomendadas

Como ya se indica en la introducción, las directrices sobre el conflicto entre las aves y los tendidos eléctricos ya han sido publicadas con anterioridad. Debajo presentamos una lista, a modo de ‘guía de orientación’, con otras de las fuentes de información y orientación más importantes sobre el tema de la interacción de las aves con los tendidos eléctricos. Para una vista general más completa de las referencias publicadas y no publicadas sobre este tema remitimos al informe de revisión adjunto de AEW/CMS Estudio internacional sobre interacciones entre aves y tendidos eléctricos (Prinsen *et al.*, 2011) y a selectas referencias en el dorso del informe de orientación a mano.

Planificación estratégica, legislación y enfoque organizacional

Se puede encontrar información detallada sobre los procesos de SEA y EIA y sus beneficios para las aves en las Directrices de Conservación nº 11 de AEWA, ‘Directrices sobre la forma de evitar, minimizar o mitigar el impacto de los desarrollos de infraestructura y perturbaciones relacionadas que afectan a las aves acuáticas’ (Tucker & Treweek, 2008). Este informe de directrices de AEW/CMS también contiene una amplia lista de fuentes de información y orientación recomendadas por SEA y EIA en su apéndice D.

Mitigar las electrocuciones y los impactos de colisión

Comité de Interacción de Aves con Tendidos Eléctricos (Estados Unidos)

APLIC 1994, está previsto que el documento ‘Mitigar las Colisiones de las Aves con los Tendidos Eléctricos’ sea actualizado en una nueva publicación a finales de 2011

APLIC 2006, ‘Prácticas Sugeridas para Proteger a las Aves de los Tendidos Eléctricos’ es un documento que detalla la mitigación moderna de las electrocuciones desde la perspectiva norteamericana

Directrices del Programa de Protección de Aves (APP)

Para más información y para solicitar informes: www.aplic.org

Conferencia Internacional sobre los Tendidos Eléctricos y la Mortalidad de las Aves en Europa, Budapest, Hungría, abril de 2011

Los posters y presentaciones pueden descargarse en: <http://www.mme.hu/termesztvedelem/budapest-conference-13-04-2011/presentations.html>

Grupo de Trabajo sobre Electroclusiones de BirdLife en Alemania (NABU):

La página web del grupo de trabajo: www.birdsandpowerlines.org

Página web general de NABU con información sobre la electrocución y enlaces a muchos artículos y documentos importantes, incluyendo documentos de trasfondo sobre la Recomendación n° 110 para minimizar los efectos adversos de instalaciones de superficie de transmisión de electricidad adoptada por el Comité Permanente de la Convención de Berna en 2004 y las Directrices de NABU sobre la electrocución en varios idiomas:

<http://www.nabu.de/tiereundpflanzen/voegel/forschung/stromtod/05166.html>

Información sobre las aletas Desviadores de Aves en Vuelo:

www.rwerheinruhmnetzservice.com

Información sobre los Desviadores de Aves en Vuelo de libélula:

www.hammarprodukter.com

Estudio de las aves y técnicas de monitoreo

Los protocolos específicos para la búsqueda y monitoreo de tendidos eléctricos no son fácilmente accesibles y probablemente contengan directrices específicas de los lugares (véase **Recuadro 3**). Las siguientes referencias podrían ser de ayuda para realizar esquemas y un protocolo de monitoreo más generales y podrían ser útiles para preparar los inventarios del terreno sobre las aves.

Directrices de AEWA

- Directrices de Conservación n° 9 de AEWA, ‘Directrices sobre el protocolo de monitoreo de aves acuáticas’
- Directrices de Conservación n° 3 de AEWA, ‘Directrices sobre la elaboración de inventarios del terreno de aves acuáticas migratorias’
- Directrices de Conservación n° 11 de AEWA, ‘Directrices sobre la forma de evitar, minimizar o mitigar el impacto del desarrollo de la infraestructura y perturbaciones relacionadas que afectan a las aves acuáticas’ presenta publicaciones útiles sobre el tema.

Los tres pueden descargarse en http://www.unep-awa.org/publications/technical_series.htm

Wetlands International

Directrices para participar en el Censo Internacional de Aves Acuáticas (IWC):

<http://www.wetlands.org/LinkClick.aspx?fileticket=OD3kxpbZ1Kw%3D&tabid=56>

(o en Google “Wetlands International información sobre fichas de aves acuáticas”)

Datos del terreno y corredores aéreos de las Aves Acuáticas

Herramienta de Redes de Sitios Críticos de Alas sobre Humedales:

www.wingsoverwetlands.org/csntool

Esta página web proporciona datos de especies y ubicaciones de todas las aves acuáticas en la región de AEWA. También incluye información sobre los sitios Ramsar, Importantes Áreas para Aves, y Naturaleza 2000 SPAs, presentadas debajo.

Convenio Ramsar sobre Humedales: www.ramsar.org

Para un vistazo general mundial de los sitios Ramsar: <http://ramsar.wetlands.org/>

Datos sobre las Áreas de Aves Importantes de BirdLife International:

<http://www.birdlife.org/datazone/home>

Áreas de Especial Protección en Europa de Natura 2000 en Europa: <http://natura2000.eea.europa.eu/>

8. Referencias

- ABS Energy Research**, 2010. The Global Transport & Distribution Report, Edition 9. ABS Energy Research, London.
- Anderson, M.D.**, 2002. Karoo Large Terrestrial Bird Powerline Project, Report No. 1. Unpublished report to Eskom.
- Antal, M.**, 2010. Policy measures to address bird interactions with power lines – a comparative case study of four countries. *Ostrich* 81(3):217-223
- APLIC (Avian Power Line Interaction Committee)**, 1994. Mitigating bird collisions with power lines: the state of the art in 1994. Edison Electric Institute, Washington D.C.
- APLIC (Avian Power Line Interaction Committee)**, 2006. Suggested practices for avian protection on power lines: The state of the art in 2006. Edison Electric Institute, Washington, D.C.
- Arun, P., Harness, R. & Schriener, M.K.**, 2008. Bird strike indicator field deployment at the Audobon National Wildlife Refuge in North Dakota: Phase Two. California Energy Commission, PIER Energy-Related Environmental Research Program. CEC-500-2008-020.
- Barov, B.**, 2011. The impact of power lines on European bird populations. Presentation at “Power lines and bird mortality International Conference, Budapest, Hungary (<http://www.mme.hu/termeszetvedelem/budapest-conference-13-04-2011/presentations.html>).
- Barrientos, R., Alonso, J.C., Ponce C. & Palacín, C.**, 2011. Meta-analysis of the effectiveness of marked wire in reducing avian collisions with power lines. *Conservation Biology*, published online June 2011.
- Bayle, P.**, 1999. Preventing birds of prey problems at transmission lines in Western Europe. *Journal of Raptor Research* 33: 43-48.
- Bernshausen, F., Kreuziger, J., Uther, D. & Wahl, M.**, 2007. High-tension power lines and bird protection: minimising collision risks. Evaluation and measures to mark cable sections with high collision risk (in German with English summary). *Naturschutz und Landschaftsplanung* 39: 5-12.
- Bevanger, K. & Brøseth, H.**, 2001. Bird collisions with power lines - an experiment with ptarmigan (*Lagopus* spp.). *Biological Conservation* 99: 341-346.
- BirdLife International**, 2011a. Species factsheet: *Pelecanus crispus*. Downloaded from <http://www.birdlife.org> on 28/06/2011.
- BirdLife International**, 2011b. Species factsheet: *Branta ruficollis*. Downloaded from <http://www.birdlife.org> on 28/06/2011.
- Bridges, J.M. & Anderson, T.R.**, 2000. Mitigating the impacts of electric facilities to birds. In, J.W. GoodrichMahoney, D.F. Mutrie and C.A. Guild (Eds.): 7th International Symposium on Environmental Concerns in Rights-of-Way Management, pp. 389-393.
- Brown, W.M., Drewien, R.C. & Bizeau, E.G.**, 1987. Mortality of cranes and waterfowl from powerline collisions in the San Luis Valley, Colorado. In: Lewis, J.C. (ed.). Proceedings of the crane workshop, 1985. Platte River Whooping Crane Maintenance Trust, Grand Island. Pp 128-136.

- Brown, W.M. & Drewien, R.C.**,1995. Evaluation of two power line markers to reduce crane and waterfowl collision mortality. *Wildlife Society Bulletin* 23: 217-227.
- Crowder, M.R.**, 2000. Assessment of devices designed to lower the incidence of avian power line strikes. Unpublished MSc Thesis. Purdue University, West Lafayette.
- Crowder, M.R. & Rhodes, O.E.**,2001. Avian collisions with power lines: A review. In: Proceedings of a workshop on avian interactions with utility and communications structures. EPRI Technical Report No. 1006907. EPRI, Charleston. Pp 139-167.
- Drewitt, A.L. & Langston, R.H.W.**, 2008. Collision effects of wind-power generators and other obstacles on birds. *Annals of the New York Academy of Science* 1134: 233-266.
- Eskom**, 2005. Eskom Transmission Bird Collision Guideline. Unpublished internal guideline.
- Faanes. C.A.**, 1987. Bird behaviour and mortality in relation to power lines in prairie habitat. U.S. Fish and Wildlife Service Technical Report 7. Washington D.C.
- Gyimesi, A., Smits, R.R. & Prinsen, H.A.M.**, 2010. Radar study of diurnal and nocturnal bird migration in Calabria, Southern Italy. Monitoring bird passages over a planned 380 kV power line location in Spring 2010. Report 10-110, Bureau Waardenburg bv, Culemborg.
- Haas, D., Nipkow, M., Fiedler, G., Schneider, R., Haas, W. & Schürenberg, B.**, 2005. Protecting birds from powerlines. *Nature and Environment*, No. 140. Council of Europe Publishing, Strassbourg.
- Haas, D. & Nipkow, M.**, 2006. Caution: Electrocutation! NABU Bundesverband. Bonn, Germany.
- Haas, D. & Schürenberg, B. (Eds)**, 2008. Bird electrocution; general principles and standards of bird protection at power lines (in German). Proceedings of the Conference ‘Stromtod von Vögeln, Grundlagen und Standards zum Vogelschutz an Freileitungen’ in Muhr am See, April 2006. *Ökologie der Vögel*, Band 26, Hamburg.
- Hartman, J.C., Gyimesi, A. & Prinsen, H.A.M.**, 2010. Are bird flaps effective wire markers in a high-tension power line? – Field study of collision victims and flight movements at a marked 150 kV power line (In Dutch). Report nr. 10-082, Bureau Waardenburg bv, Culemborg.
- Heynen, D. & Schmid, H.**, 2007. Priority regions to remediate medium-tension power lines to protect White Stork and Eagle Owl from electrocution (in German). *Schweizerische Vogelwarte*. Sempach.
- Hoerschelmann von, H., Haack, A. & Wohlgemuth, F.**, 1988. Bird casualties and bird behaviour at a 380-kV-power line (in German with English summary). *Ökologie der Vogel* 10: 85-103.
- Horvath, M., Nagy, K., Demeter, I., Kovacs, A., Bagyura, J., Toth, P., Solt, S. & Halmos, G.**, 2011. Birds and power lines in Hungary: Mitigation planning, monitoring and research. Presentation at International Conference on Power Lines and Bird Mortality in Europe, Budapest, Hungary. <http://www.mme.hu/termesztvedelem/budapest-conference-13-04-2011/presentations.html>
- Hunting, K.**, 2002. A roadmap for PIER research on avian collisions with power lines in California. Prepared for the California Energy Commission, Public Interest Energy Research Program. Report No. P500-02-071F.
- Janss, G.F.E., Lazo, A. & Ferrer, M.**, 1999. Use of raptor models to reduce avian collisions with powerlines. *Journal of Raptor Research* 33: 154-159.
- Janss, G.F.E.**, 2000. Avian mortality from power lines: a morphologic approach of a species-specific mortality. *Biological Conservation*, 95: 353-359.

- Janss, G.F.E. & Ferrer, M.**, 1998. Rate of bird collision with power lines: effects of conductor-marking and static wire-marking. *Journal of Field Ornithology*, 69: 8-17.
- Jenkins, A.R., Smallie, J. & Diamond, M.**, 2010. Avian collisions with power lines: a global review of causes and mitigation, with a South African perspective. *Bird Conservation International* (2010) 20: 263-278
- Krijgsveld, K.L., Akershoek, K., Schenk, F., Dijk, F. & Dirksen, S.**, 2009. Collision risk of birds with modern large wind turbines. *Ardea* 97(3): 357-366.
- Lehman, R.N., Kennedy, P.L. & Savidge, J.A.**, 2007. The state of the art in raptor electrocution research: a global review. *Biological Conservation*, 136: 159-174.
- Manville, A.M.**, 2005. Bird strikes and electrocutions at power lines, communication towers, and wind turbines: state of the art and state of the science-next steps toward mitigation. Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture. Albany, California, USA.
- Martin, G.R.**, 2011. Understanding bird collisions with man made objects: a sensory ecology approach. *Ibis* (2011) 153, 239-254.
- Martin, G.R., & Shaw, J.M.**, 2010. Bird collisions with power lines: failing to see the way ahead? *Biological Conservation* 143: 2965-2702.
- Murphy, R.K., McPherron, S.M., Wright, G.D. & Serbousek, K.L.**, 2009. Effectiveness of avian collision averters in preventing migratory bird mortality from powerline strikes in the Central Platte river, Nebraska. University of Nebraska-Kearney, Kearney.
- Negro, J.J. & Ferrer, M.**, 1995. Mitigation measures to reduce electrocution of birds on power lines: a comment on Bevanger's review. *Ibis* 137: 423-424.
- Podonyi, G.**, 2011. Service and living space (Bird-friendly solutions on the MV power lines). Presentation at International Conference on Power Lines and Bird Mortality in Europe, Budapest, Hungary. <http://www.mme.hu/termesztvedelem/budapest-conference-13-04-2011/presentations.html>
- Prinsen, H.A.M., Boere, G.C., Smallie, J. & Pires, N.**, 2011a. Review of the conflict between migratory birds and the electricity power grids in the African-Eurasian Region. AEW/CMS Technical Series No. XX, Bonn, Germany.
- Prinsen, H.A.M., Hartman, J. C. & Gyimesi, A.**, 2011b. Effectiveness of a new type of wire markers on a high tension power line to mitigate bird collisions. Poster presented at International Conference on Power Lines and Bird Mortality in Europe, Budapest, Hungary. <http://www.mme.hu/termesztvedelem/budapest-conference-13-04-2011/presentations.html>
- Richarz, K. & Böhmer, W.**, 2011. Cooperation between bird conservation organizations and electric utility companies - progress and challenges in Germany. Presentation at International Conference on Power Lines and Bird Mortality in Europe, Budapest, Hungary, April 2011. <http://www.mme.hu/termesztvedelem/budapest-conference-13-04-2011/presentations.html>
- Schmidt, A.**, 2011. Cooperation between bird conservation organizations and electric utility companies in Hungary. Presentation at International Conference on Power Lines and Bird Mortality in Europe, Budapest, Hungary, April 2011. <http://www.mme.hu/termesztvedelem/budapest-conference-13-04-2011/presentations.html>
- Schürenberg, B., Schneider, R. & Jerrentrup, H.**, 2010. Implementation of recommendation No. 110/2004 on minimising adverse effects of above-ground electricity transmission facilities (power lines) on birds. Report by the NGOs. Council of Europe. Strasbourg.

Shaw, J., Jenkins, A.R., Ryan, P. & Smallie, J.J., 2010. A preliminary survey of avian mortality on power lines in the Overberg, South Africa. *Ostrich* 2010 81 (2), 109-113.

Smallwood, K.S., 2007. Estimating wind turbine-caused bird mortality. *The journal of wildlife management* 71: 2781-2791.

Tucker, G., & Treweek, J., 2008. Guidelines on how to avoid, minimise or mitigate the impacts of infrastructure developments and related disturbance affecting waterbirds. AEWA Conservation guidelines No. 11. AEWA Technical Series No. 26. Bonn, Germany.

Yee, M.L., 2007. Testing the Effectiveness of an Avian Flight Diverter for Reducing Avian Collisions with Distribution Power Lines in the Sacramento Valley, California. California Energy Commission, PIER Energy-Related Environmental Research Program. CEC-500-2007-122.

Glosario

(para las descripciones en este glosario hemos utilizado el glosario de APLIC (2006) y fuentes de Internet)

Seguro para las aves

La configuración de un poste eléctrico diseñada para minimizar el riesgo de electrocución de las aves proporcionando una mayor separación entre las fases o conductores energizados y el hardware de tierra que la distancia de muñeca a muñeca o de pies a cabeza de un pájaro. Si esta separación no se puede proporcionar, las partes descubiertas expuestas serán cubiertas para reducir el riesgo de electrocución o se empleará la gestión de perchas.

Aislante (transformador)

Un aislante, normalmente de porcelana, insertado en la parte de arriba de un transformador para aislar los cables eléctricos del transformador. El aislante puede cubrirse para evitar un contacto peligroso con las aves.

Conductor

El material (normalmente cobre o aluminio), casi siempre en forma de alambre o cable, ideal para transportar corriente eléctrica.

Configuración

La disposición de las partes o del equipo, por ejemplo, la configuración de una distribución incluirá la disposición necesaria de crucetas, abrazaderas, aislantes, etc. para sujetar uno o más conductores.

Córvidos

Aves pertenecientes a la familia de los córvidos; incluyendo cuervos, grajos, urracas y arrendajos.

Crucetas

Una parte para la sujeción horizontal de un poste o torre de alta tensión; hecho de madera, cemento o acero, fabricado en varios tamaños y empleado para sujetar los conductores eléctricos y el equipo para la distribución de la energía eléctrica.

Desenergetizado

Cualquier dispositivo conductor de electricidad desconectado de todas las fuentes de energía.

Línea de distribución

Un circuito con alambres de medio voltaje, energizados a voltajes desde ~1 kV a 60 kV y utilizados para distribuir la electricidad para los clientes residenciales, industriales y comerciales.

Cable terrestre

Véase cable de tierra.

Energetizado

Cualquier dispositivo conductor de electricidad conectado a cualquier fuente de energía.

Fallo

Una interrupción de energía causada, por ejemplo, por la electrocución animal que interrumpe la calidad del suministro eléctrico.

Cable de tierra, partes de tierra

Un cable (o partes) que establece la conexión eléctrica con la tierra y, por lo tanto, está en un potencial de tierra.

Tendidos eléctricos de alto voltaje

Por lo general, los tendidos eléctricos de alto voltaje (desde 60 kV y hasta 700 kV) se emplean en las redes de transmisión. Dado que los tendidos eléctricos de alto voltaje suelen tener aislantes largos colgantes, el riesgo de electrocución para las aves es relativamente bajo. Por otro lado, el riesgo de colisión puede ser elevado, principalmente donde los conductores fase y los cables de tierra están dispuestos a diferentes alturas. El cable de tierra suele ser relativamente delgado y representa un riesgo de colisión particularmente elevado.

Aislante

Un material no conductor normalmente de porcelana o polímeros, diseñado de tal forma que sujete físicamente un conductor energizado y lo separe eléctricamente de otro conductor u objeto.

Cable de puente

Un cable conductor energizado empleado para conectar varios tipos de equipos eléctricos. Los cables de puente también se utilizan para hacer continuos los conductores eléctricos en las líneas cuando es necesario para cambiar la dirección de la línea (p. ej, postes angulares, postes terminales).

Kilovoltio o kV

1.000 voltios

Tendidos eléctricos de bajo voltaje

Los tendidos eléctricos se clasifican, en parte, por los niveles de voltaje a los que son energizados. Diferentes autores suelen utilizar diferentes categorías. A lo largo del informe, nosotros utilizamos las definiciones de Haas *et al.* (2005) y APLIC (2006): las líneas de bajo voltaje o públicas tienen un voltaje 100 veces menor que las líneas de voltaje medio (es decir, <600 voltios). En la mayoría de países, estos son subterráneos y, por lo tanto, no suponen un riesgo para las poblaciones de aves. Allí donde estas líneas son de superficie, tienden a estar relativamente bien aisladas. Los tendidos eléctricos de bajo voltaje suelen ser gruesos, de color oscuro y relativamente visibles, representando así un riesgo relativamente bajo de colisión.

Tendidos eléctricos de medio voltaje

Estos incluyen los tendidos eléctricos de distribución de las compañías de redes eléctricas públicas (~1 kV a 60 kV). Mientras que en algunos países la mayoría de redes de tendidos eléctricos de distribución son subterráneos, en un contexto global la mayoría de redes se encuentran sobre la tierra. Los tendidos eléctricos de medio voltaje representan el mayor riesgo de electrocución para las aves si no están contruidos de forma segura para las aves. También existe riesgo de colisión, pero por lo general es menor que en los tendidos eléctricos de alto voltaje, pues los conductores normalmente están dispuestos a la misma altura y, en comparación con los tendidos de alto voltaje, más bajos sobre la tierra.

Sustratos de nidos o perchas

La base sobre la que se anida o que las aves utilizan para descansar o dormir, en este contexto postes eléctricos, plataformas, cajas y enrejados en los mástiles eléctricos.

Conductor neutro

Véase cable de tierra.

Apagón

Situación que se da cuando la fuente de energía corta el suministro, véase también falla.

Fase

Un conductor eléctrico energizado.

De fase a tierra

El contacto de conductores fase energizados con un potencial de tierra. Un ave puede provocar una avería de fase a tierra cuando las partes carnosas de su cuerpo (o las plumas mojadas de alas o cola) entran en contacto con una fase energizada y un cable de tierra o partes de tierra simultáneamente.

De fase a fase

El contacto de dos conductores fase energizados. Las aves pueden provocar una avería de fase a fase cuando la parte carnosa de sus alas o otras partes del cuerpo (incluyendo plumas mojadas de alas o cola) entran en contacto con dos conductores fase energizados al mismo tiempo.

Poste

Una estructura vertical, a menudo elaborada de madera, cemento o acero, fabricada en varias alturas y empleada para sujetar los conductores eléctricos y el equipo con el fin de distribuir la energía eléctrica.

Tendido eléctrico

Una combinación de conductores empleados para transmitir o distribuir la energía eléctrica; normalmente sujeta por postes o mástiles enrejados.

Poste problemático

Un poste empleado por las aves para descansar, anidar o como percha que ha electrocutado aves o ha supuesto un gran riesgo de electrocución.

Modificación

La modificación de una estructura de un tendido eléctrico existente para hacerlo seguro para las aves.

Separación

La distancia física entre los conductores y/o las partes de tierra.

Estructura

Un poste o montaje enrejado que sujeta el equipo eléctrico para la transmisión o distribución de la electricidad.

Subestación

Un punto de transición donde el voltaje aumenta o disminuye en el sistema de transmisión y distribución.

Interruptor (torre o equipo)

Un dispositivo eléctrico empleado para seccionar las fuentes de energía eléctrica.

Transformador

Un dispositivo empleado para aumentar o disminuir el voltaje.

Línea de transmisión

Tendidos eléctricos diseñados y construidos para soportar voltajes de >60 kV.

Voltio

La medida de la potencia eléctrica.

Voltaje

Fuerza electromotriz medida en voltios.

Muñeca o articulación carpiana

Articulación en el medio del borde anterior del ala de un ave.

Apéndice 1. Localizar Puntos Potencialmente Conflictivos Utilizando un Enfoque Básico a Escala Nacional

Puede elaborarse un 'mapa de puntos conflictivos' básico nacional combinando información de la red de tendidos eléctricos nacional, de localización de Áreas de Aves Importantes (IBAs) y localización de Lugares Críticos para especies amenazadas (susceptibles a colisión). Utilizando Bulgaria como ejemplo, pretendemos mostrar cómo una combinación de los datos básicos puede generar una primera comprensión de los lugares de los puntos potencialmente conflictivos de colisión. Obtuvimos información de la red de electricidad nacional de ABS Energy Research (2011). Además, plasmamos en un mapa las Áreas de Aves Importantes en Bulgaria utilizando los datos de la zona de la página web de BirdLife International. Finalmente, utilizamos la Herramienta de Redes de Sitios Críticos (un logro del proyecto Alas sobre Humedales de corredores aéreos de África Eurasia, WOW de PNUMA-FMAM) para obtener mapas de los Lugares Críticos en Bulgaria de dos especies en peligro: el Ganso Pecho Rojo (*Branta ruficollis*) y el Pelicano Dálmata (*Pelecanus crispus*).

Red de tendidos eléctricos de Bulgaria

En 2010, la longitud total de las líneas de transmisión (en este caso 110 kV y más) en Bulgaria era de 15.415 km (figura 1). La longitud de la línea de distribución (en este caso de menos de 110 kV) en Bulgaria en 2010 era de 163.216 km (no mostrada en la figura 1). El principal sistema de transmisión funciona a 400 kV y cubre todas las regiones del país junto con una línea de pequeña longitud de 750 kV. La red de alto voltaje comprende dos redes, ambas atraviesan Sofía. Mientras que la red principal rodea el país hasta Varna y Bourgas por el Mar Negro, conectándose a la línea de Ucrania en Varna al noreste y a Turquía desde Maritsa Este en el sureste, una segunda red más pequeña enlaza Sofía con Kozlodui en el norte y también conecta las líneas a través de Rumanía. El sistema tiene conexiones con Grecia, Macedonia, Moldavia, Rumanía, Serbia y Ucrania a 400, 220 y 110 kV (ABS Energy Research, 2011).



Figura 1. Red de transmisión de Bulgaria. Fuente: NEK (ABS Energy Research, 2011). La red de distribución no se muestra.

Programa de BirdLife sobre las Áreas de Aves Importantes (IBA)

La función del programa de BirdLife sobre las Áreas de Aves Importantes (IBA) es identificar, proteger y gestionar una red de lugares importantes para la viabilidad a largo plazo de las poblaciones de aves que tienen lugar de forma natural a lo largo del ámbito geográfico de aquellas especies de aves

para las que es apropiado un enfoque basado en el lugar. El programa de IBA es de escala mundial y, hasta la fecha, se han identificado más de 10.000 lugares en todo el mundo utilizando criterios de selección estándar reconocidos internacionalmente.

Utilizando la opción del mapeo en la zona de datos de la página web de BirdLife International (www.birdlife.org), generamos un mapa de las IBA en Bulgaria (figura 2). Por ejemplo, pueden encontrarse muchas IBA en la parte oriental del país próxima al Mar Negro, en la zona montañosa central de Bulgaria, en las montañas balcánicas y a lo largo del borde del sur del país.



Figura 2. Áreas de Aves Importantes en Bulgaria (verde). Fuente: <http://www.birdlife.org/datazone>

Sitios críticos para especies de aves en peligro (Herramienta de Redes de Sitios Críticos CSN)

La Herramienta de Red de Sitios Críticos (CSN) es un recurso online desarrollado por Wetlands International, BirdLife International y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – Programa de Gestión para la Conservación Mundial en el marco del Proyecto Alas sobre Humedales de corredores aéreos de África Eurasia, WOW, del PNUMA-FMAM uno de los Proyectos a mayor escala con financiación del FMAM en la región de África Eurasia hasta la fecha.. Esta herramienta reúne muchas otras fuentes de datos y, por lo tanto, proporciona un modo de fácil manejo para los usuarios para investigar la importancia de ciertos lugares para las aves acuáticas (migratorias). La herramienta CSN refuerza la aplicación del Acuerdo sobre las Aves Acuáticas Migratorias en África-Eurasia (AEWA) y de la Convención Ramsar sobre Humedales.

Los sitios incluidos en la herramienta CSN han sido identificados utilizando dos criterios numéricos derivados de aquellos empleados por la identificación de sitios Ramsar e IBA. Comprenden lugares de reproducción, de no reproducción y de descanso usados por las especies migratorias durante su ciclo anual, así como aquellos utilizados por especies residentes durante todo el año (www.wingsoverwetlands.org/csntool).

Ganso Pecho Rojo y Pelicano Dálmata

Dos especies amenazadas mundialmente presentes en Bulgaria y potencialmente vulnerables a las colisiones con los tendidos eléctricos son el Ganso Pecho Rojo y el Pelicano Dálmata. La comparación de las ubicaciones de los Sitios Críticos de aquellas especies para la asignación de rutas de la red de transmisión de Bulgaria ofrece información sobre los sitios con posibles puntos críticos de colisión para estas especies.

El Ganso Pecho Rojo cuenta con una población moderadamente pequeña, que parece haber decrecido rápidamente en un breve periodo de tiempo. En el Índice de Lista Roja de Especies Amenazadas de IUCN está anotada como en peligro. En enero y febrero, el 80-90% de las aves están ahora congregadas en cinco lugares de perchas en el Mar Negro en Shabla y Durankulak en Bulgaria y en las lagunas Razelm-Sinoe y Techirghiol en Rumanía. Un pequeño número pasa el invierno en Ucrania y la mayoría en Grecia. (BirdLife International 2011, ficha técnica de especies: *Branta ruficollis*).

Para el Pelicano Dálmata, las medidas de conservación han resultado en un aumento de la población en Europa, particularmente en la mayor colonia de especies en el lago Mikri Prespa en Grecia. No obstante, se sospecha que continúe disminuyendo rápidamente la población en el resto de su rango y, por lo tanto, la especie está listada como vulnerable en la Lista Roja de Especies Amenazadas de IUCN. El Pelicano Dálmata se reproduce en Europa del Este (también en Bulgaria) y en el Centro Este de Asia. Los criadores europeos pasan el invierno en los países del Este del Mediterráneo. Las colisiones con los tendidos eléctricos elevados son una de las continuas amenazas conocidas para estas especies. (BirdLife International 2011, ficha técnica de especies: *Pelecanus crispus*).

Bulgaria cuenta con 12 lugares críticos para el Ganso Pecho Rojo y 17 para el Pelicano Dálmata, del cual ocho coinciden (figura 3). Para ambas especies, muchos lugares críticos están situados en la parte del noreste del país, con más lugares ubicados próximos al Mar Negro.

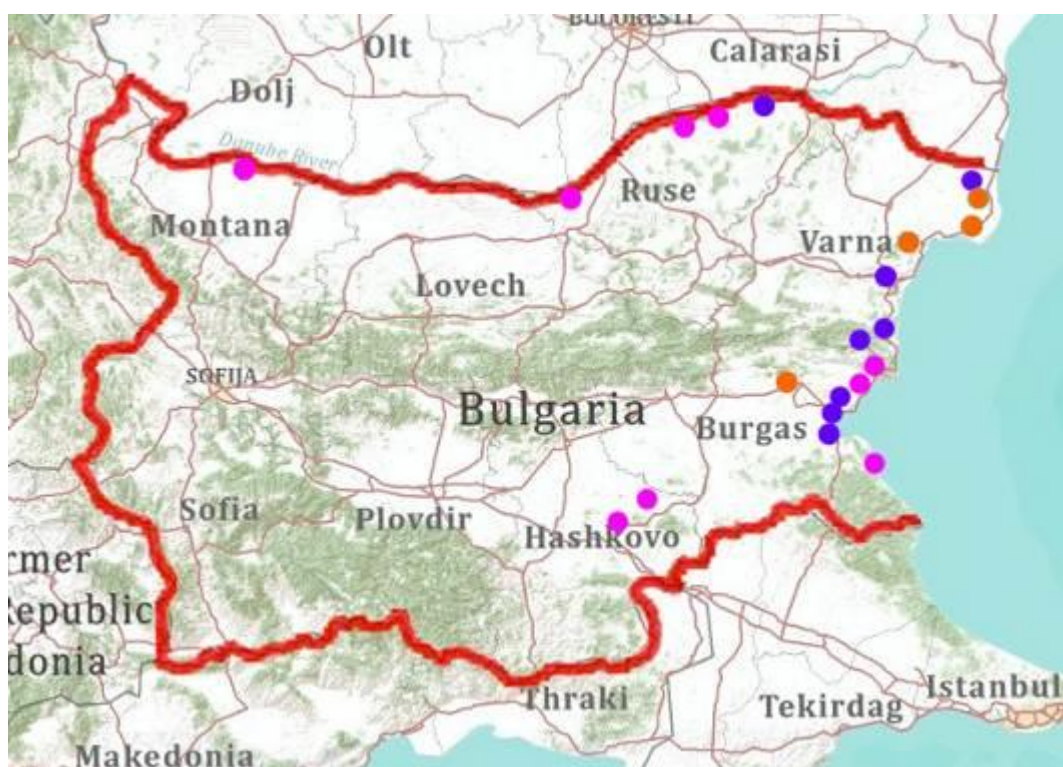


Figura 3. Los lugares críticos en Bulgaria para el Ganso Pecho Rojo (naranja), Pelicano Dálmata (rosa) y ambas especies (azul). (Fuentes: www.wingsoverwetlands.org/csntool).

Puntos potencialmente críticos de colisión

Podemos determinar aproximadamente la ubicación de los puntos potencialmente críticos de colisión del país combinando la información sobre la red de líneas de transmisión nacional y la información sobre la ubicación del IBA y los sitios críticos en Bulgaria en un único mapa (figura 4).

En general, parece no haber claros y grandes sitios críticos de colisión en Bulgaria en el que IBA, sitios críticos y nódulos de redes de transmisión estén localizados en un área. El mayor nódulo de líneas de transmisión localizado en Sofia en la parte occidental del país no parece representar directamente un gran riesgo para las áreas protegidas (IBAs) ni para el Ganso Pecho Rojo o el Pelicano Dálmata, pues la mayor parte de las líneas están ubicadas fuera de las IBA y no hay lugares

críticos cerca. El segundo mayor nódulo de redes de transmisión ubicado en la parte sudeste del país, aproximadamente entre Stara Zagora y Yambol, también está ubicado bastante alejado de las IBA y sólo hay un lugar crítico para el Pelicano Dálmata situado próximo (Ovtcharitsa Reservoir; figura 4).

La mayoría de lugares críticos para el Ganso Pecho Rojo y para el Pelicano Dálmata están ubicados en la costa este (en el Mar Negro) y en el borde norte a lo largo del río Danubio. No hay una gran concentración de líneas de transmisión próximas a estos lugares críticos. No obstante, hay algunos lugares críticos localizados cerca de una o dos líneas de transmisión. Por ejemplo, la isla próxima a Gorni Tzibar (figura 4) en el norte, que es un lugar crítico para el Pelicano Dálmata, o el lago Atanasovska y el lago Burgasko en el Mar Negro (figura 4), que son importantes tanto para el Pelicano Dálmata como para el Ganso Pecho Rojo. En tales casos, únicamente estudios precisos de ciertos lugares en los que están mapeadas, entre otras, las principales rutas de vuelo, pueden determinar el riesgo de colisión para las especies de aves en peligro y/o protegidas.

Pese al hecho de que no hay puntos críticos de colisión claros en Bulgaria, se han visto varias líneas de transmisión atravesando las IBA y podrían representar un riesgo para las especies de aves para las que estos IBA han sido elegidos. Se recomienda seguir investigando sobre los conflictos potenciales en estos lugares.

Mientras se valora la información, tenemos que tener en cuenta que dada la escala nacional de los mapas únicamente podemos obtener indicaciones aproximadas de la ubicación de los puntos críticos potenciales de colisión. Además, es importante saber que no se muestra la distribución de la red, lo cual hace que una gran parte del peligro potencial de colisión no esté indicado en el mapa y, por lo tanto, no sea evaluado. No obstante, los mapas como estos pueden ser en general de ayuda como herramienta para identificar áreas con problemas potenciales donde se requieren o se desean estudios más detallados.

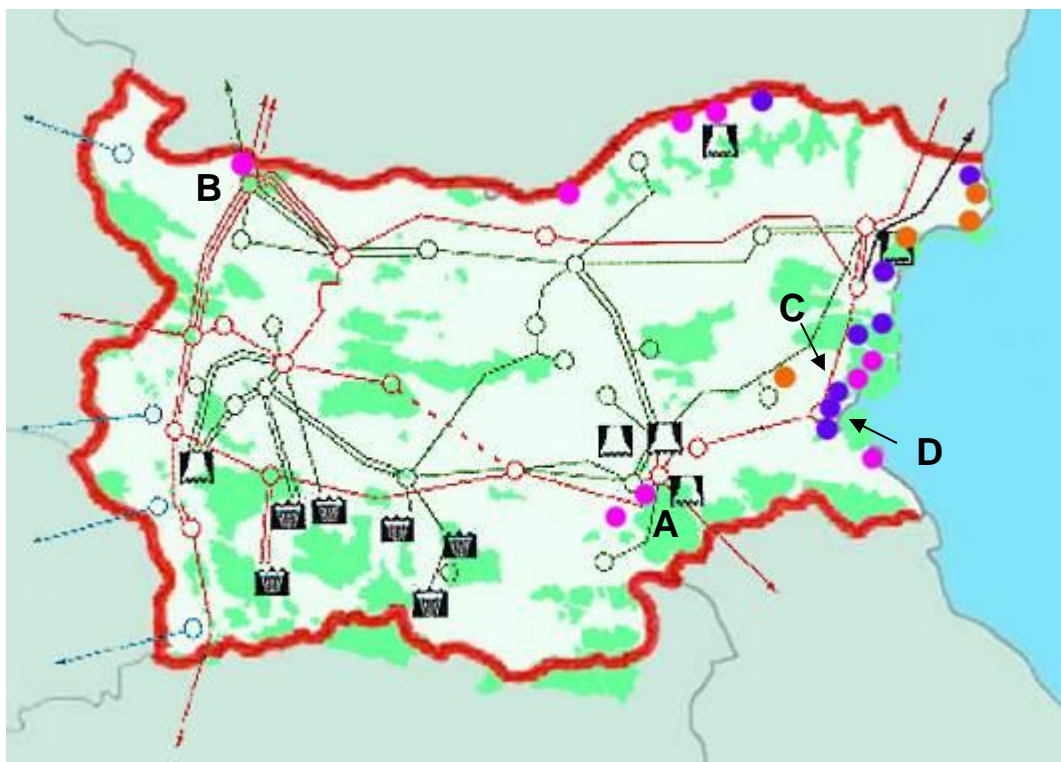


Figura 4. La red de transmisión de Bulgaria (líneas negra y roja), combinadas con las IBA de Bulgaria (áreas verdes) y los Sitios Críticos para el Ganso Pecho Rojo (puntos naranjas), Pelicano Dálmata (puntos rosas) y ambas especies (puntos azules). A = Pantano Ovtcharitsa, B = Isla próxima a Gorni Tzibar, C = Lago Atanasovsko, D = Lago Burgasko.