



Gobierno
de Chile

gob.cl

Ministerio de
Energía

Gobierno de Chile

SAG
Ministerio de
Agricultura

Gobierno de Chile

Guía para la Evaluación del Impacto Ambiental de Proyectos Eólicos y de Líneas de Transmisión Eléctrica en Aves Silvestres y Murciélagos.



SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO
División de Protección de los Recursos Naturales Renovables

**Guía para la Evaluación del Impacto Ambiental
de Proyectos Eólicos y de Líneas de Transmisión
Eléctrica en Aves Silvestres y Murciélagos.**



DIVISIÓN DE PROTECCIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Registro de Propiedad Intelectual

Inscripción N° 255039

ISBN: 978-956-7987-17-7

Guía para la Evaluación del Impacto Ambiental de Proyectos Eólicos y de Líneas de Transmisión Eléctrica en Aves Silvestres y Murciélagos.

Autor

Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).

Esta publicación ha sido elaborada a partir del documento

"Medidas de mitigación de impactos en aves silvestres y murciélagos", Gonzalo González (2014).

Edición

Paula Aguayo, Subdepartamento de Gestión Ambiental, DIPROREN, Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).

Fotografías

SAG, con excepción de las siguientes:

Daniel González (Portada *"Lasiurus borealis"* y *"Desmodus rotundus"* página 101).

Diseño y Diagramación

Impresora FeySer Limitada.

Esta obra debe citarse como

Servicio Agrícola y Ganadero (2015). Guía para la evaluación del impacto ambiental de proyectos eólicos y de líneas de transmisión eléctrica en aves silvestres y murciélagos. Primera edición. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. 120 p.

Primera edición: Julio, 2015

Tiraje 500 ejemplares.

Esta obra puede ser reproducida total o parcialmente y de cualquier forma, sólo para propósitos educacionales y no comerciales, mencionando la fuente de origen.

AGRADECIMIENTOS

Esta guía ha sido elaborada por el Servicio Agrícola y Ganadero en el marco del *"Convenio de transferencia de recursos entre la Subsecretaría de Energía y el Servicio Agrícola y Ganadero, para la realización de estudios que permitan identificar medidas de mitigación de impactos en proyectos de líneas de transmisión eléctrica y generación de energía eólica sobre aves silvestres y murciélagos"*.

Se extienden los agradecimientos a todos quienes hicieron posible esta publicación, como son el Ministerio de Energía, que a través de la Subsecretaría de Energía, vela por apoyar el mejoramiento del comportamiento ambiental de los proyectos energéticos, además de aportar con recursos económicos y técnicos al desarrollo de la presente guía.

También se agradece muy especialmente a todas las personas que participaron en la revisión de esta guía y que forman parte de los siguientes organismos: Servicio de Evaluación Ambiental, Corporación Nacional Forestal, Ministerio del Medio Ambiente, Subsecretaría de Energía, Superintendencia de Electricidad y Combustibles, y Servicio Agrícola y Ganadero.



ÍNDICE

PRÓLOGO.	9
1. OBJETIVOS Y ALCANCES DE LA GUÍA.	11
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.	17
2.1. Proyectos de líneas de transmisión.	19
2.2. Proyectos de parques eólicos.	21
3. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL.	23
3.1. Proyectos de transmisión eléctrica.	26
3.1.1. Aves.	26
3.1.1.1. Colisión.	27
3.1.1.2. Electrocución.	32
3.1.1.3. Electromagnetismo.	37
3.2. Proyectos de generación eólica.	38
3.2.1. Aves.	38
3.2.1.1. Colisión.	38
3.2.2. Murciélagos.	43
3.2.2.1. Colisión-Barotrauma.	44

4.	MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO.	47
4.1.	El valor ambiental de las especies.	52
4.2.	Evaluación de la sensibilidad del área.	52
4.3.	Magnitud del impacto.	53
4.4.	Significancia del impacto.	55
4.5.	Evaluación de efecto sinérgico.	56
4.6.	Modelo predictivo basado en la morfología de las aves.	56
4.6.1.	Grupos de aves con mayor riesgo de colisión.	57
4.6.2	Grupos de aves con mayor riesgo de electrocución	58
4.6.3	Evaluación del riesgo especie específico	58
5.	MEDIDAS DE MITIGACIÓN.	59
5.1.	Proyectos de líneas de transmisión.	62
5.1.1.	Impacto electrocución.	62
5.1.1.1.	Implementación de distancias de seguridad.	63
5.1.2.	Impacto de colisión.	66
5.1.2.1.	Disuasores de vuelo o dispositivos anticolisión.	66
5.2.	Proyectos de parques eólicos.	76
5.2.1.	Impacto de colisión.	76
5.2.1.1.	Detención programada de turbinas con altos índices de colisión.	77

5.2.1.2. Luces de navegación.	78
5.2.1.3. Remoción de carcasa	79
5.2.2. Impacto de colisión barotrauma.	79
5.2.2.1. Aumento de la velocidad de arranque.	79
6. PLAN DE SEGUIMIENTO.	81
6.1. Evaluación de mortalidad mediante búsqueda de carcasa	84
6.1.1. Consideraciones de diseño.	85
6.1.2. Proyectos de transmisión eléctrica.	86
6.1.3. Proyectos eólicos.	87
6.1.4. Registro de información.	88
6.1.5. Eficiencia de búsqueda y remoción por carroñeros.	91
6.1.6. Metodología para estimar mortalidad real de aves y murciélagos.	92
7. NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE.	97
ANEXOS.	101
Anexo 1: Glosario.	103
Anexo 2: Biliografía.	110
Anexo 3: Compilación de especies y familias amenazadas por Colisión / Electrocución.	118



PRÓLOGO

Uno de los temas que resulta fundamental para alcanzar el crecimiento pleno de Chile como una nación productiva, inserta en el mundo globalizado, es la energía, motor de desarrollo que permanentemente está planteando nuevos desafíos a quienes están encargados de elaborar políticas públicas para este sector clave de la economía.

En el empeño de apoyar al desarrollo de una matriz energética nacional más sustentable, que comprenda altos estándares de protección ambiental, se suscribió un convenio entre el Ministerio de Energía, a través de la Subsecretaría de Energía, y el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) para la elaboración de la *"Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos Eólicos y de Líneas de Transmisión en aves silvestres y murciélagos"*.

En el marco del apoyo que el SAG ofrece al sector productivo nacional, y cumpliendo con su misión de velar por la protección de los recursos naturales renovables, es que se ha trabajado el presente documento, con el objetivo central de orientar a los agentes evaluadores que participan en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), para establecer criterios comunes y consistentes con las competencias ambientales del SAG, contribuyendo a disminuir el margen de discrecionalidad en la toma de decisiones y la aproximación al desarrollo sustentable del sector eléctrico en Chile.

Es así como se han analizado soluciones técnicas nacionales e internacionales para el diseño de líneas de transmisión eléctrica y parques eólicos, entregando información detallada respecto de medidas de mitigación y monitoreo de impactos en aves silvestres y murciélagos, ambos recursos naturales singulares y únicos que representan un alto valor patrimonial para el país.

Este análisis pretende ser un aporte en la tarea de alcanzar el gran objetivo país de convertirse prontamente en una nación desarrollada, donde los proyectos energéticos incluyan, más allá de sus elementos técnicos, altos estándares de protección ambiental.

Ángel Sartori Arellano

Director Nacional

Servicio Agrícola y Ganadero



1

OBJETIVOS Y ALCANCES DE LA GUÍA



1. OBJETIVOS Y ALCANCES DE LA GUÍA

El creciente desarrollo de fuentes de energías alternativas en el país, como es la energía eólica, hace necesario el desarrollo de métodos específicos para la evaluación de este tipo de proyectos. Las regiones con mayor potencial eólico en el norte de Chile son Antofagasta, Atacama y Coquimbo, mientras que en el sur del país corresponden a O'Higgins, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos (fuente: GIZ/Minenergía, 2014)³⁰¹. El mapa presentado en la figura 1 indica los lugares con potencial de energía hídrica, solar y eólica a nivel nacional entre la Región de Arica y Parinacota y la Región de Los Lagos; cabe destacar que la información mostrada no incluye la vulnerabilidad del ambiente. Esta figura da cuenta de los proyectos eólicos sometidos al SEIA hasta el 31 de diciembre de 2012.

En este contexto se ha elaborado la “*Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos Eólicos y de Líneas de Transmisión Eléctrica en Aves Silvestres y Murciélagos*”, dentro del marco del “*Convenio de transferencia de recursos entre la Subsecretaría de Energía y el Servicio Agrícola y Ganadero*”.

El presente documento se basa en la información recabada durante la consultoría “*Medidas de mitigación de impactos en aves silvestres y murciélagos*”³⁰⁴, encargada por el SAG en el marco de este mismo convenio, y que da cuenta del estado del arte hasta el año 2014.

El objetivo principal de esta guía es aportar a la evaluación del impacto ambiental causado por los proyectos de generación de energía eólica y de líneas de transmisión de energía sobre aves silvestres y murciélagos. Dichos impactos se refieren principalmente a colisión, electrocución y barotrauma, no obstante, cabe mencionar que esta guía no aborda los impactos que son comunes para todos los tipos de proyectos o actividades que se someten al SEIA.

Parte de las recomendaciones contenidas en este documento son destinadas al diseño de las estructuras eólicas y de transmisión eléctrica, mientras que otra parte de ellas sólo pueden ser implementadas una vez que estas estructuras se encuentran operando. Dichas recomendaciones se basan en una revisión de los impactos producidos por este tipo de proyectos, lo que incluye una recopilación bibliográfica nacional e internacional, así como el juicio de expertos, lo que no asegura la ocurrencia de algún tipo de impacto en un sitio en particular.

Esta guía tiene un carácter referencial y tiene la intención de facilitar el trabajo de todos los agentes implicados en la evaluación ambiental de proyectos, pero a la vez constituye un avance en la estandarización de una metodología para la adecuada evaluación de los posibles efectos producidos por proyectos de transmisión eléctrica y parques de generación eólica.

Las recomendaciones aquí presentadas no tienen carácter vinculante, pues sólo pretenden orientar y apoyar a los evaluadores pertenecientes al programa de Protección de Recursos Naturales Renovables del SAG que participan en el SEIA, coordinado por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), y unificar criterios a la hora de abordar la calificación de este tipo de proyectos.

Potencial Disponible de Energías Renovables

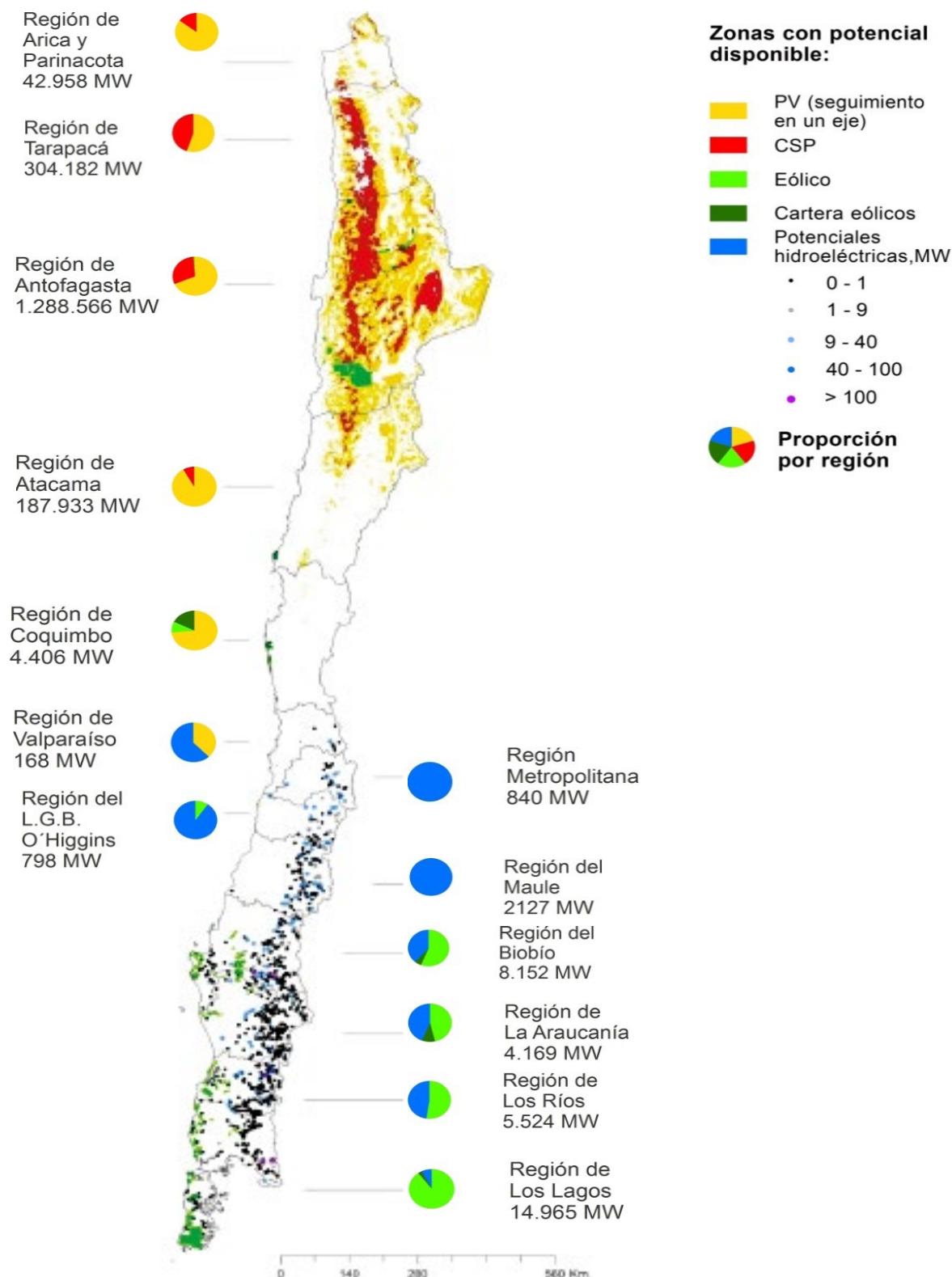


Figura 1: Mapa de Energías Renovables de Chile. PV: Fotovoltaico, CSP: concentración solar para generación eléctrica o solar termoeléctrica.

Fuente: Energías Renovables en Chile. El potencial eólico, solar e hidroeléctrico de Arica a Chiloé. GIZ/Minenergia, 2014.

El contenido de esta guía incluye:

- Descripción del proyecto.
- Descripción de los impactos producidos por los proyectos de líneas de transmisión y parques eólicos sobre aves y murciélagos.
- Métodos de evaluación de estos impactos.
- Medidas de mitigación.
- Medidas de seguimiento.
- Normativa ambiental aplicable.

El marco legal general que entrega facultades y atribuciones al SAG en la protección del recurso fauna silvestre, está dado principalmente por las leyes que se mencionan a continuación:

- Ley N°18.755 de 1989, la cual corresponde a la Ley Orgánica del Servicio Agrícola y Ganadero y sus modificaciones (Artículo 3º, letra k y l).
- Ley de Caza N°4.601, del año 1929, cuyo texto fue sustituido por la Ley N°19.473, de 1996, y su reglamento Decreto Supremo N°05, de 1998.
- Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, que en su artículo 10, literales b) y c), señala respectivamente que los proyectos de líneas de transmisión eléctricas y centrales generadoras de energía mayores a 3 MW son susceptibles de causar impacto ambiental y deben someterse al SEIA y su reglamento Decreto Supremo N°40, de 2013.



2

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO



2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

De acuerdo al Reglamento del SEIA, Decreto Supremo N°40 de 2013³⁰⁸, los proyectos ingresados al SEIA, ya sea como Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o como Estudio de Impacto Ambiental (EIA), deben incluir una descripción detallada de las obras, acciones y actividades del proyecto que pueden generar efectos adversos sobre el recurso natural fauna silvestre en cualquiera de sus etapas. Esta descripción debería incluir:

- Antecedentes generales.
- Localización y superficie del proyecto.
- Características singulares del sitio.
- Partes y obras del proyecto.
- Fase de construcción del proyecto.
- Fase de operación del proyecto.
- Fase de cierre del proyecto.

2.1 Proyectos de líneas de transmisión

En proyectos de líneas de transmisión resulta particularmente importante contar con la siguiente información, la que debería estar en relación a la normativa legal vigente para el sector eléctrico, o en su defecto a la reglamentación que la reemplace:

Altura del tendido: en la descripción es recomendable incluir la altura del tendido, dado que las líneas de mayor altura representan un mayor riesgo para las aves ²⁴.

Largo del vano: la distancia entre torre y torre es relevante dado que, aunque las colisiones pueden ocurrir en todo el largo del vano, la mayor parte de ellas ocurre en los 3/5 centrales de cada tramo, por lo que vanos más largos representan mayor riesgo de colisión para las aves ²⁴.

Presencia o no de cable de guardia: es importante describir si el tendido eléctrico cuenta con cable de guardia, y si lo hace, se recomienda señalar su diámetro; ya que de ocurrir colisiones, la mayoría se produce contra este cable, particularmente en diámetros menores a 20 mm ²⁴.

Distancia vertical entre conductores: se recomienda incluir una descripción de la disposición vertical de los cables indicando la distancia entre ellos (ver figura 2), porque a mayor área ocupada por los cables, mayor será la probabilidad de colisión ^{24,31}.

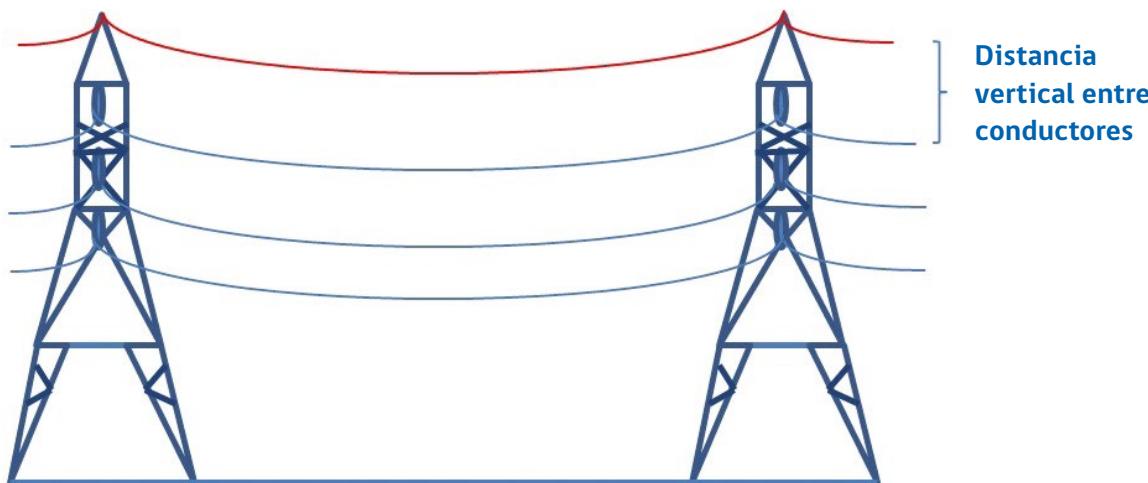


Figura 2: Se grafica la distancia vertical entre conductores.

Fuente: Elaboración propia.

Cartografía detallada: se recomienda presentar un mapa topográfico del área de estudio donde se señale, al menos, la información que se define a continuación:

- Ubicación de las líneas de transmisión respecto al relieve del entorno. Esto, dado al especial riesgo que podrían presentar tramos en que la línea va perpendicular a estructuras lineales del paisaje, como ocurre en caso de cruce de ríos o quebradas. Por ello es relevante detallar también la topografía del terreno, si se trata de terreno plano o montañoso y explicitar la presencia de quebradas.
- La presencia de otras líneas de transmisión, como es el caso de las líneas paralelas o cercanas a líneas preexistentes, se consideran de menor riesgo que aquellas que corren en forma solitaria ^{24,33,205,229}.
- Tramos en que se instalarán medidas de mitigación.

Material del pilar de apoyo: la conductividad del material del pilar de apoyo es determinante al estimar el riesgo de electrocución, por lo que se recomienda indicar si se trata de postes de madera, concreto, hormigón armado o metal [03, 20, 205, 211](#).

Tipo de estructura: es relevante indicar algunas características de la estructura, como por ejemplo, si los conductores van sobre o bajo la cruceta [03, 06, 20, 49, 205, 211](#), así como señalar si se trata de postes terminales, deflectores, con doble cruceta o que soporten transformadores, ya que este tipo de estructuras conllevan mayor riesgo de electrocución [03, 20, 205](#).

Efecto sinérgico: con el objetivo de evaluar los impactos sinérgicos, es importante incorporar la siguiente información a la descripción del proyecto:

- Líneas de transmisión que se encuentren próximas a la línea evaluada.
- Presencia de otras líneas que afecten una misma área protegida (según se define en el reglamento del SEIA).
- Presencia de otras líneas de transmisión que afecten el mismo elemento natural, por ejemplo, a una misma población de aves.

Cabe destacar que de acuerdo al SEIA, la evaluación de impactos sinérgicos deberá considerar los proyectos o actividades que cuenten con calificación ambiental vigente [308](#).

2.2 Proyectos de parques eólicos

La descripción de proyectos de generación eólica debería incluir todos los factores importantes para su evaluación ambiental; en este sentido, reviste especial importancia la localización de las turbinas y los factores descritos a continuación:

Tamaño y potencia de las estructuras: la altura de las torres y el largo de las aspas son factores importantes de describir, ya que ambos se correlacionan positivamente con el riesgo de colisión para las aves [15, 16](#). Por otra parte, los murciélagos son afectados por los vórtices producidos por las aspas de los aerogeneradores; y las turbinas de mayor tamaño producen vórtices y turbulencias mayores [43](#).

Ubicación de cada aerogenerador: identificar la ubicación de cada aerogenerador es importante porque existe evidencia de que algunas estructuras específicas suelen ocasionar la mayor parte o la totalidad de la mortalidad ocasionada por un parque eólico. ^{19, 25, 26, 43, 44, 204, 232, 234, 240, 243}.

Distribución del parque eólico: es relevante indicar cuál es la distribución de los aerogeneradores, puesto que las turbinas dispuestas en línea causarían más colisiones que las que están en grupos, ya que actuarían como barrera al paso de las aves ^{12, 34, 40, 203}.

Número de turbinas y presencia de otros parques eólicos en el área: se debería considerar que el número de turbinas incide en la probabilidad de colisión ^{15, 27}, por lo que se recomienda indicar la cantidad de turbinas del parque, así como la presencia de parques aledaños, identificándolos claramente en la cartografía.

Tipo de iluminación de la baliza: es relevante describir la potencia e intermitencia de las luces, puesto que las turbinas más iluminadas ^{15, 16} y con emisión más continua atraerían más a las aves, lo que podría generar un mayor número de colisiones, en especial sobre migrantes nocturnas ¹⁶.

Cartografía detallada: se recomienda presentar un mapa topográfico del área de estudio donde se señale, al menos, la información que se define a continuación:

- Ubicación de cada turbina.
- Presencia de otros parque eólicos cercanos.
- Mapas de los vientos del sitio a lo largo de todo el año.

Efecto sinérgico: con el objetivo de evaluar los impactos sinérgicos, es importante incorporar la siguiente información a la descripción del proyecto:

- Parques eólicos que se encuentren próximos al parque objeto de evaluación.
- Presencia de otros parques que afecten una misma área protegida (según se define en el reglamento del SEIA).
- Presencia de otros parques que afecten al mismo elemento natural, por ejemplo, a una misma población de aves.

Cabe destacar que de acuerdo al SEIA, la evaluación de impactos sinérgicos deberá considerar los proyectos o actividades que cuenten con calificación ambiental vigente ³⁰⁸.

A photograph of a bird, possibly a gull or tern, standing on a sandy beach. The bird has white plumage on its head and neck, dark wings, and a long beak. In the background, there is a body of water with some ripples and some low-lying vegetation or rocks along the shore.

3

DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL



3. DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

De acuerdo al artículo 6 del Reglamento del SEIA, D.S N°40 de 2013 ³⁰⁸: “*El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su proyecto o actividad genera o presenta efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables*”. Por lo tanto, sobre la base de los antecedentes de la descripción del proyecto y la línea de base del componente fauna (¹), corresponde identificar y evaluar si el proyecto o actividad genera efectos adversos significativos sobre el componente fauna silvestre; los que pueden clasificarse en 5 grupos:

- Destrucción o pérdida de hábitat ³⁰².
- Fragmentación de hábitat ³⁰².
- Pérdida de fauna (colisión, electrocución y barotrauma) ^{302, 304}.
- Introducción de especies exóticas ³⁰².
- Electromagnetismo ³⁰⁴.

La presente guía se enfoca en los impactos característicos producidos por líneas de transmisión eléctrica y parques eólicos, que son fundamentalmente pérdidas de ejemplares de fauna por colisión, electrocución y barotrauma, sin ahondar en impactos que son comunes a todo tipo de proyectos, tales como pérdida de hábitat ¹⁷, introducción de especies invasoras ¹⁷ y fragmentación de hábitat a través de los corredores en líneas de alta tensión ^{11, 17}.

Cabe mencionar que las líneas de transmisión eléctrica también podrían generar impacto por electromagnetismo, sin embargo, éste no se encuentra suficientemente estudiado a la fecha ³⁰⁴.

(1) Para información sobre línea base, referirse al “Manual para Evaluación de Línea Base Componente Fauna Silvestre” ³⁰³, descargable en: http://www.sag.cl/sites/default/files/d-pr-ga-009_evaluacion_de_linea_base_componente_fauna_silvestre.pdf

3.1 Proyectos de transmisión eléctrica

Los proyectos de líneas de transmisión afectan exclusivamente a aves, y sus impactos más característicos son colisión y electrocución [03, 11, 17, 24, 33](#).

Las fuentes consultadas coinciden en señalar que no existen impactos de las líneas eléctricas sobre murciélagos por colisión y electrocución. Esto se explica principalmente por la capacidad de ecolocalización que posee el orden Chiroptera, el cual les permite detectar con gran precisión estructuras pequeñas en movimiento, y más aún, estructuras grandes y estáticas como son las torres del tendido eléctrico [51, 52, 53](#).

La única interacción posible entre quirópteros y líneas eléctricas tiene que ver con el emplazamiento de estructuras (torres) que obstruyan o destruyan colonias, refugios y/o dormideros. Sin embargo, ese impacto no es exclusivo de estructuras eléctricas sino que es común a cualquier estructura de origen antrópico (edificios, antenas, etc.).^{[313](#)}

A continuación se presentan los impactos directos ocasionados por proyectos de líneas de transmisión de acuerdo al documento “*Medidas de Mitigación de Impactos en Aves Silvestres y Murciélagos*” ^{[304](#)}, que corresponde a una recopilación bibliográfica sobre el tema.

3.1.1 Aves

Los impactos directos más significativos de los proyectos de líneas de transmisión sobre las aves son:

- Colisión.
- Electrocución.
- Electromagnetismo.

En Anexo 3 se presenta una compilación de las especies y familias de aves posiblemente afectadas por los impactos por electrocución y colisión reportados por Birdlife Alemania ^{[33](#)}.

A continuación, se detallan los factores que influyen en cada uno de estos impactos.

3.1.1.1 Colisión

El impacto de las líneas de transmisión sobre las aves consiste en el choque de una o más aves con cables de conducción eléctrica, situación que suele devenir en la muerte del o los ejemplares ³⁰⁴. Estas suelen ser menos documentadas que las electrocuciones, ya que no conllevan interrupciones en el suministro eléctrico, y a que su evidencia (las carcasas de aves electrocutadas) no se encuentra bajo los postes del tendido eléctrico, sino que a distancias variables del tendido ³⁹.

La ocurrencia de colisión se ve influenciada por factores estructurales, biológicos y factores propios del sitio, los que se detallan a continuación.

Factores estructurales

Los elementos de las estructuras que condicionan la ocurrencia de colisiones son:

Cable de guardia: la mayoría de las colisiones ocurre con el cable de guardia (figura 3), siendo el riesgo mayor en la medida que dicho cable es más delgado, y por ende, menos visible. Diámetros inferiores a 20 mm serían particularmente riesgosos ^{24, 29, 30, 33, 35, 205, 227, 229}.

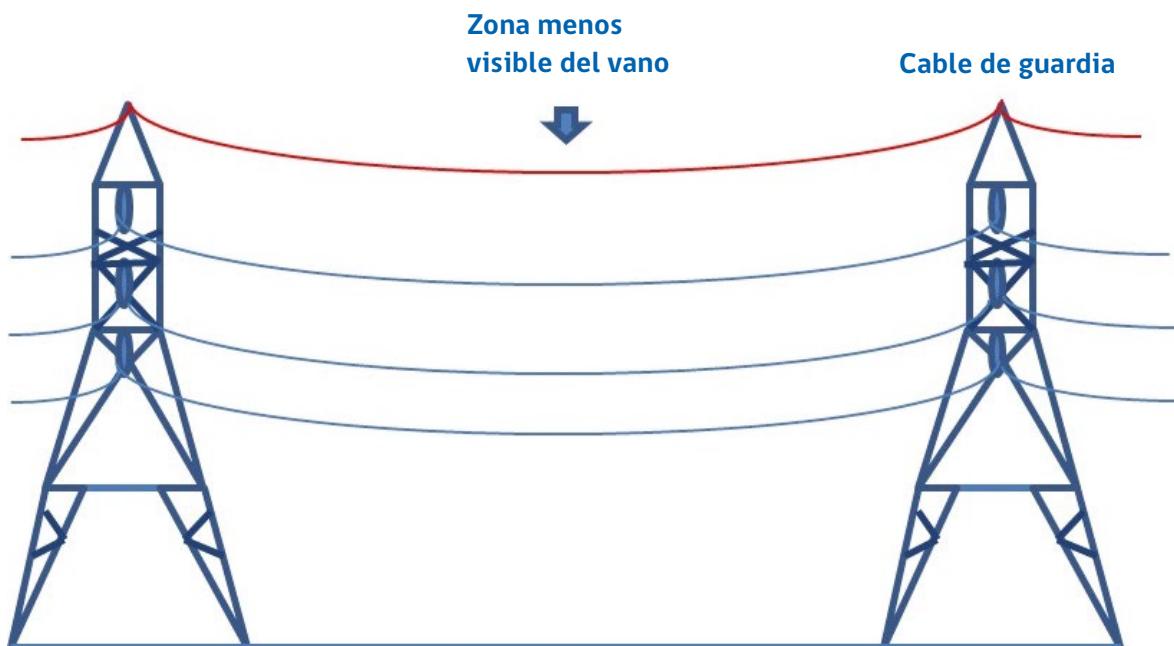


Figura 3: En rojo se destaca el cable de guardia y se indica que los dos tercios centrales del vano son los más peligrosos por ser los menos visibles.

Fuente: Modificado de González, G. (2014) ³⁰⁴.

Largo del vano: la probabilidad de colisión está relacionada al largo promedio de los vanos de un tendido, siendo mayor cuanto más larga es la distancia promedio entre torres. Esto ocurriría porque las torres son objetos muy visibles, que actuarían alertando a las aves de la existencia de un obstáculo, lo que las forzaría a volar por los sectores intermedios del vano (Figura 3); es decir los más alejados de las torres ²⁴.

Altura del tendido: la probabilidad de colisión está relacionada con la altura promedio del tendido, siendo mayor cuando la altura aumenta ²⁴.

Agrupación de líneas: la agrupación de las líneas reduciría el riesgo de colisión, excepto en zonas con baja visibilidad. Aquellas líneas que están dispuestas en forma paralela y cercana a líneas pre-existentes, tanto como la normativa de seguridad lo permita (²), son consideradas como menos peligrosas, ya que esta disposición aumenta la probabilidad de que el conjunto de estructuras sea esquivado por las aves en vuelo ^{24, 33, 205, 229}.

La figura 4-a muestra dos tendidos alejados el uno del otro, ambos representan una situación de riesgo debido a que forman una doble barrera, mientras que en la figura 4-b se reduce el riesgo ya que ambas líneas se encuentran cercanas.



Figura 4: Reducción de riesgo de colisión al agrupar varios tendidos.

Fuente: Modificado de APLIC (2012) ²²⁹.

(2) Normativa de seguridad del sector eléctrico (NSEG 5. E.n.71. y NSEG 6. E.n. 71) o la normativa que la reemplace.

Factores biológicos

Las características de las aves que afectan su riesgo de colisión son:

Morfología alar: ciertas especies son más susceptibles a la colisión debido a su alta carga alar y baja relación de aspecto (alas cortas y anchas). Estas aves tienen una menor capacidad de esquivar estructuras fijas, como cables, y por lo general pertenecen a las familias Anatidae, Ardeidae, Cathartidae, Laridae, Pelecanidae, Phalacrocoracidae, Rallidae, Strigidae y Tinamidae [03, 06, 11, 17, 24, 29, 30, 33, 37](#). Los reportes existentes para Chile, aunque escasos, siguen la misma tendencia general, habiéndose reportado colisiones en Anatidae, Ardeidae, Cathartidae, Columbidae y Laridae [56, 58](#). Ejemplos de especies presentes en Chile pertenecientes a estas familias se presentan en tabla 1.

Comportamiento: las aves de vuelo nocturno o en bandada tienen mayor riesgo de colisión. Lo mismo ocurre con las aves juveniles, debido a su menor experiencia de vuelo y maniobrabilidad [11, 17, 30, 33, 39](#).

Tabla 1: Grupos de aves más susceptibles a colisionar con proyectos de Transmisión Eléctrica.

Orden	Familia	Ejemplo de Especies presentes en Chile
Anseriformes	Anatidae (*)	Canquén colorado (<i>Chloephaga rubidiceps</i>) Cisne coscoroba (<i>Coscoroba coscoroba</i>) Cisne de cuello negro (<i>Cygnus melanocorypha</i>) Pato cuchara (<i>Anas platalea</i>) Pato gargantillo (<i>Anas bahamensis</i>) Pato rinconero (<i>Heteronetta atricapilla</i>) Piuquén (<i>Chloephaga melanoptera</i>) Quetru volador (<i>Tachyeres patachonicus</i>)
Pelecaniformes	Ardeidae (*)	Garza cuca (<i>Ardea cocoi</i>) Huairavillo (<i>Ixobrychus involucris</i>)
Cathartiformes	Cathartidae (*)	Cóndor (<i>Vultur gryphus</i>)
Charadriformes	Laridae (*)	Gaviota andina (<i>Larus serranus</i>) Gaviota garuma (<i>Larus modestus</i>) Gaviotín chico (<i>Sternula lorata</i>) Gaviotín de San Félix (<i>Anous stolidus</i>) Gaviotín monja (<i>Larosterna inca</i>)
Suliformes	Pelecanidae (*)	Fardela blanca (<i>Ardenna creatopus</i>)
Pelecaniformes	Phalacrocoracidae (*)	Guanay (<i>Phalacrocorax bougainvillii</i>) Lile (<i>Phalacrocorax gaimardi</i>)
Gruiformes	Rallidae (*)	Tagüita purpúrea (<i>Porphyrio martinicus</i>) Tagua andina (<i>Fulica ardesiaca</i>) Tagua (<i>Fulica armillata</i>) Tagua cornuda (<i>Fulica cornuta</i>) Tagua gigante (<i>Fulica gigantea</i>) Tagua chica (<i>Fulica leucoptera</i>) Tagua de frente roja (<i>Fulica rufifrons</i>) Tagüita del norte (<i>Gallinula galeata</i>) Tagüita (<i>Gallinula melanops</i>) Pidencito (<i>Laterallus jamaicensis</i>) Pidén moteado (<i>Pardirallus maculatus</i>) Pidén (<i>Pardirallus sanguinolentus</i>) Pidén austral (<i>Rallus antarcticus</i>)
Strigiformes	Strigidae (*)	Concón (<i>Strix rufipes</i>) Nuco (<i>Asio flammeus</i>)
Tinamiformes	Tinamidae (*)	Perdiz austral (<i>Tinamotis ingoufi</i>)
Columbiformes	Columbidae ^{56,58}	Torcaza (<i>Columba araucana</i>)

(*) = [03](#), [06](#), [11](#), [17](#), [24](#), [29](#), [30](#), [33](#), [37](#), [56](#), [58](#)**Nota:** Esta tabla no corresponde a una recopilación exhaustiva de las familias presentes en Chile.

Factores propios del sitio

Las condiciones ambientales que aumentan el riesgo de colisión son:

Sitios con alta concentración de aves: la existencia de grandes congregaciones de individuos aumenta la probabilidad de colisión, especialmente cuando dos sitios con distintas funciones son divididos por un tendido [17, 24, 29, 30, 31, 56, 205, 229](#).

En la figura 5 se grafica cómo distintos emplazamientos de una línea pueden aumentar o disminuir la probabilidad de colisión; la figura 5-a grafica una situación de riesgo en donde la línea se interpone en la ruta de vuelo entre el área de alimentación y el área de descanso de las aves; en la figura 5-b se reduce el riesgo gracias al correcto posicionamiento de la línea.

En términos generales se puede señalar que las condiciones que favorecen una alta concentración de aves son la presencia de humedales, dormideros, lugares de forrajeo, sitios de descanso y colonias reproductivas, por lo que es importante que esta información esté presente en la línea base.

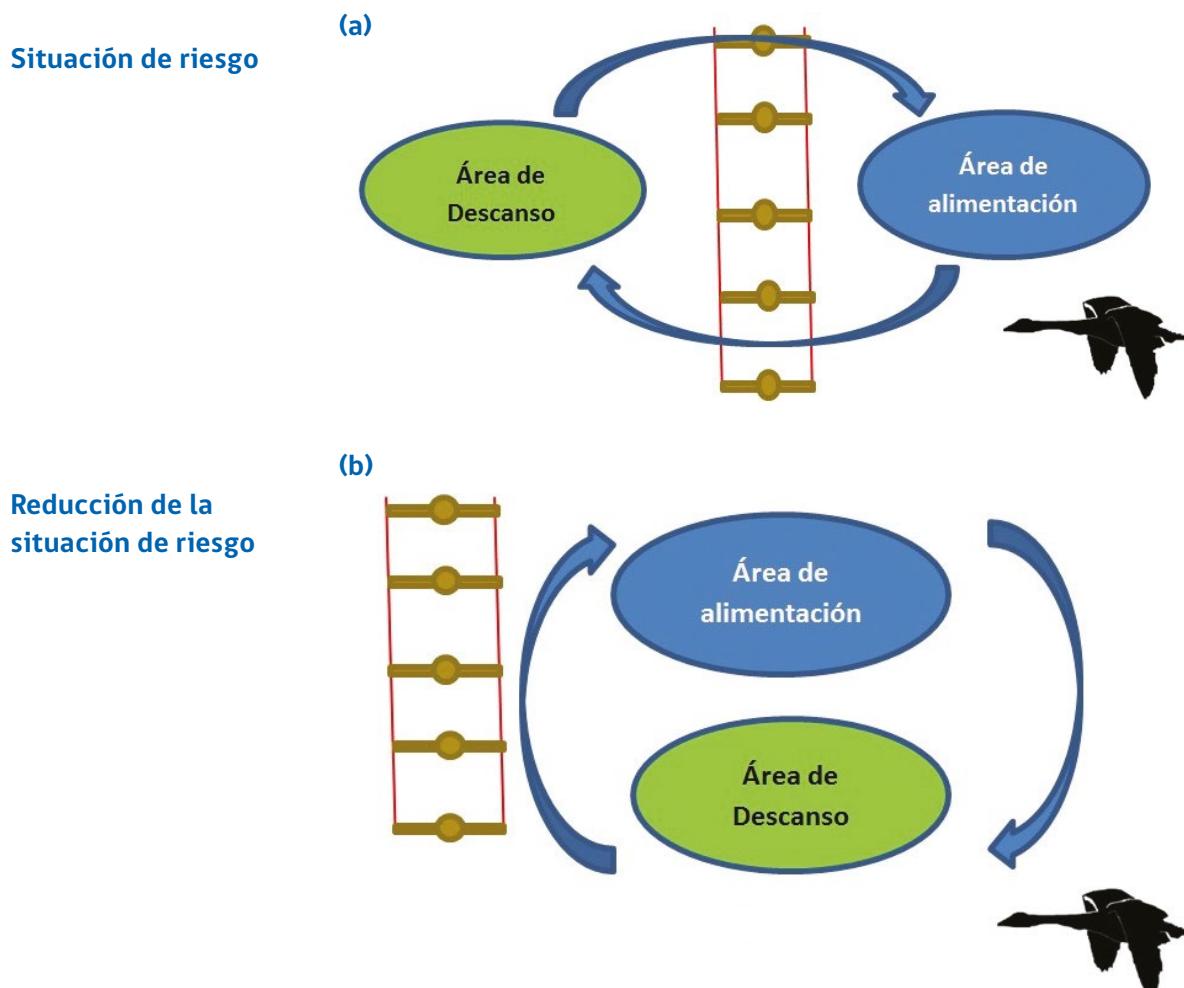


Figura 5: Reducción del riesgo a través de la reubicación de la línea.

Fuente: Modificado de APLIC (2012) [229](#).

Elementos lineales del paisaje: las aves, murciélagos y fauna en general utilizan elementos lineales del paisaje (ríos, quebradas, líneas de costa, cordones montañosos, bordes de bosque, etc.) para guiarse durante sus movimientos locales o migratorios, por lo que la instalación de estructuras de manera perpendicular a estos elementos aumenta la probabilidad de colisión ^{30,31}.

Condiciones meteorológicas adversas: aquellos lugares o situaciones en que se manifiesten, de manera periódica, condiciones climáticas que dificulten de alguna manera la visibilidad de las aves o que afecten su vuelo (lluvia, nieve, neblina, etc.) conllevarán un aumento del riesgo de colisión ^{11,17,24}.

Períodos y sitios de migración: la probabilidad de colisión aumenta en períodos y sitios de paso frecuente de aves.

3.1.1.2 Electrocución

La electrocución ocurre cuando un ave hace puente entre dos componentes energizados (ver figura 6-a) o cuando hace contacto con un componente energizado y tierra (ver figura 6-b) a través del poste. El resultado es un cortocircuito, con muerte del ave por electrocución, a menudo acompañada de una interrupción del flujo de electricidad ^{03, 24, 33, 35}. Su ocurrencia depende de factores estructurales de las líneas de transmisión (como distancia entre conductores y aislación), factores biológicos (como tamaño y comportamiento de las aves) y factores propios del sitio (como disponibilidad de perchas y atracción alimentaria), elementos que se detallan a continuación.

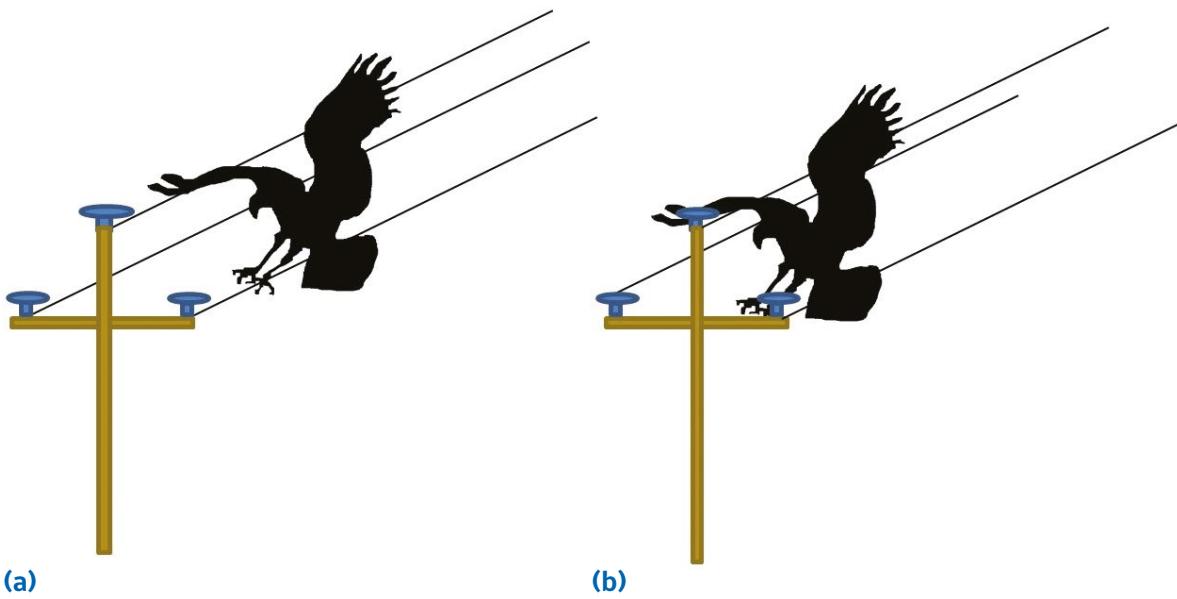


Figura 6: Esquema de electrocución por contacto conductor-conductor (izquierda) y conductor-tierra (derecha).

Fuente: Modificado de <http://www.murcianatural.carm.es/europa/life00214/casuistica.htm>

Así como se describió anteriormente en el caso de colisión, el impacto de electrocución depende de factores estructurales, biológicos y propios del sitio.

Factores estructurales

Las electrocuciones generalmente ocurren en líneas con voltajes menores a 60 kV,^{24, 33, 35} puesto que estos tendidos poseen distancias entre fases energizadas que pueden ser alcanzadas por algunas especies^{03, 24, 33, 35, 49, 205}. Sin embargo, no todos los apoyos posibilitan esta situación, existiendo diseños altamente riesgosos y otros que disminuyen casi por completo el riesgo de electrocución^{03, 35}. Los elementos del diseño del tendido que afectan el riesgo de electrocución son:

Distancia entre conductores: la electrocución requiere del contacto de un ave con dos fases energizadas, por lo cual, la distancia entre conductores es un factor determinante. La probabilidad de ocurrencia del impacto es mayor cuando la separación horizontal entre fases energizadas es menor que la distancia entre los extremos de ambas alas (envergadura alar), o cuando la separación vertical entre fases energizadas es menor a la altura del ave (cabeza-pata)³⁵.

Diseño de aisladores: la electrocución también ocurre por el contacto simultáneo del ave con un conductor y tierra. Así, postes que poseen aisladores por encima de la cruceta (ver figura 7) presentan mayor riesgo de electrocución que los postes con aisladores bajo la cruceta^{03, 06, 20, 49, 205, 211}.

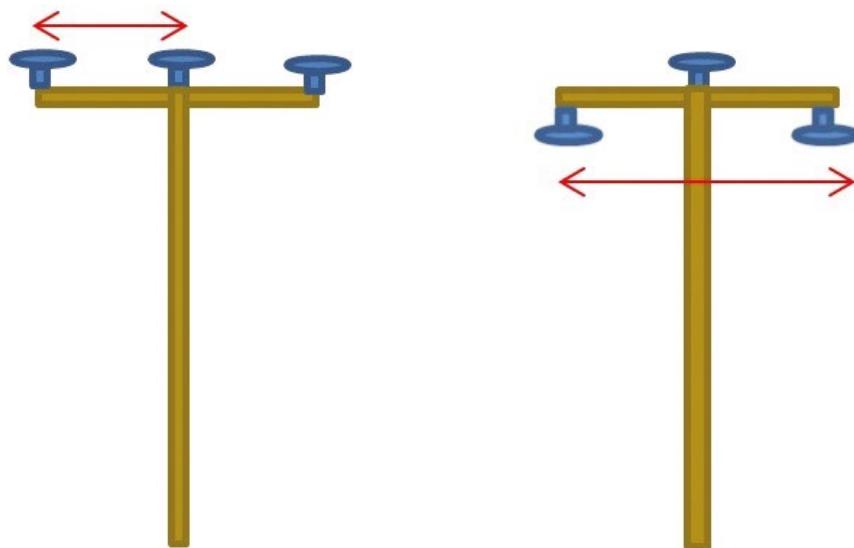


Figura 7: A la izquierda se grafica un diseño de apoyo en la que los aisladores han sido dispuestos por sobre la cruceta y a la derecha los aisladores se ubican bajo esta. La flecha roja muestra la distancia existente entre conductores.

Fuente: Modificado de González, G. (2014) ³⁰⁴.

Material del pilar de apoyo: el material de construcción del pilar de apoyo es determinante en el riesgo de electrocución. Los postes de madera son poco conductores en comparación a los de metal. El poste de concreto u hormigón es menos conductor que el de metal, pero al ser de hormigón armado, posee similar conductividad que uno metálico, aumentando el riesgo de electrocución ^{03, 20, 205, 211}; ver tabla 2.

Material de construcción del pilar	Peligro de electrocución
Postes de madera	(-)
Postes de concreto u hormigón	(-)
Postes hormigón armado	(+)
Postes de metal	(+)

Fuente: Elaboración propia.

Entre las estructuras que representan un mayor riesgo de electrocución se encuentran los transformadores, los postes terminales y postes de deflexión, además de todas aquellas que tienen puentes sin aislar. Los postes terminales dobles con doble cruceta se asocian a una mortalidad más alta que cualquier otro tipo de poste de concreto ^{03, 20, 205}.

Factores biológicos

Envergadura y altura: dado que la electrocución requiere de contacto físico entre dos puntos energizados o entre uno energizado y tierra, las aves de mayor envergadura alar y altura tienen más posibilidades de hacer contacto con dos fases conductoras y sufrir electrocución [03, 33](#). Envergaduras $\geq 1,5\text{m}$ representan un riesgo particularmente alto [03, 20, 33](#).

Comportamiento: la electrocución requiere que las aves se posen en las estructuras, conducta que es habitual en especies que poseen hábitos de percha. Principalmente pertenecen a las familias Accipitridae, Cathartidae, Falconidae, Ciconiidae, Pelicanidae, Picidae, Tytonidae y Strigidae [03, 06, 11, 17, 20, 49](#). La electrocución también afecta a aves pertenecientes al orden Passeriformes [11](#). Ejemplos de especies presentes en Chile, pertenecientes a las familias mencionadas con anterioridad, se presentan en la tabla 3.

Edad: la electrocución afecta mayormente a aves juveniles (6 meses o menores), debido a su torpe vuelo y menor habilidad para posarse en perchas [11, 39, 49](#), aunque algunos autores lo asignan sólo a una representación proporcional de la estructura etaria de la población [11](#).

Tabla 3: Familias de aves susceptibles a electrocución.

Orden	Familia	Ejemplo de especies en Chile
Accipitriformes	Accipitridae (*)	Águila pescadora (<i>Pandion haliaetus</i>) Aguilucho chico (<i>Buteo albogularis</i>) Aguilucho de cola rojiza (<i>Buteo ventralis</i>) Aguilucho de la puna (<i>Buteo poecilochrous</i>) Aguilucho de más afuera (<i>Buteo polyosoma exsul</i>) Peuquito (<i>Accipiter chilensis</i>)
Cathartiformes	Cathartidae (*)	Jote de cabeza colorada (<i>Cathartes aura</i>) Jote de cabeza negra (<i>Coragyps atratus</i>)
	Falconidae (*)	Halcón peregrino (<i>Falco peregrinus</i>) Cernícalo de San Juan (<i>Falco sparverius fernandezis</i>)
Ciconiiformes	Ciconiidae (*)	Pillo (<i>Ciconia maguari</i>) Cigüeña de cabeza pelada (<i>Mycteria americana</i>)
Procellariformes	Pelecanoididae(*)	Fardela blanca (<i>Ardenna creatopus</i>)
Suliformes	Phalacrocoracidae (*)	Yeco (<i>Phalacrocorax brasiliianus</i>)
Strigiformes	Strigidae (*)	Nuco (<i>Asio flammeus</i>) Concón (<i>Strix rufipes</i>)
	Tytonidae (*)	Lechuza común (<i>Tyto alba</i>)
Piciformes	Picidae (*)	Carpintero negro (<i>Campephilus magellanicus</i>) Pitigüe o carpintero pitío (<i>Colaptes pitius</i>)
Passeriformes ¹¹	Emberizidae	Comesobo de los tamarugales (<i>Conirostrum tamarugense</i>)
	Furnariidae	Churrete chico de más afuera (<i>Cinclodes oustaleti baeckstroemii</i>) Rayadito de más afuera (<i>Aphrastura masafuerae</i>)
	Tyrannidae	Cachudito de Juan Fernández (<i>Anairetes fernandezianus</i>) Cazamoscas chocolate (<i>Neoxolmis rufiventris</i>) Pájaro amarillo (<i>Pseudocolopteryx flaviventris</i>)

(*)= 03, 06, 11, 17, 20, 49

Nota: Esta tabla no corresponde a una recopilación exhaustiva de las familias presentes en Chile.

Factores propios del sitio

El tipo de hábitat y escasez de perchas naturales condicionan el riesgo de electrocución.

Disponibilidad de perchas naturales: el uso de estructuras eléctricas como perchas será mayor cuanto menor sea la oferta de perchas naturales en un área determinada, lo que conlleva un aumento en el riesgo de electrocución ^{20, 35, 211}. Algunos hábitats que se han descrito como más propensos a electrocución dada la escasez de perchas naturales son: bosque abierto, zonas áridas, matorral, marismas y zonas de cultivos extensivos ^{03, 35, 211}. La atracción alimenticia de un sitio puede aumentar el riesgo de electrocución. Por ejemplo, en México se encontró un gran número de aves rapaces electrocutadas bajo un tendido que atraviesa el lugar donde habita una colonia de perritos de las praderas ²⁰.

3.1.1.3 Electromagnetismo

Los campos electromagnéticos (EMF, sigla en inglés para Electromagnetic fields) se definen como el conjunto de campos eléctricos y magnéticos que generan las líneas eléctricas y son medidos en kilovolts por metro (kV/m), microteslas (μ T) o miligauss (mG) ²³¹.

El electromagnetismo ha sido mayormente estudiado desde el área de la medicina humana, siendo considerado como un problema de salud pública. Como efectos principales se describe un aumento del estrés oxidativo y alteración de la inmunidad ²³¹.

En cuanto a la fauna silvestre, su impacto ha sido escasamente estudiado y principalmente se ha hecho a través de ensayos de laboratorio, en los que se evaluó la interacción entre aves y antenas o teléfonos móviles. Estos estudios señalan que los EMF podrían afectar distintas áreas de la salud de las aves al producir estrés oxidativo y afectar factores como su biología, reproducción, desarrollo, fisiología, endocrinología y sistema inmune ²³¹.

En fuentes nacionales, los proyectos presentados al SEIA hacen referencia a los impactos de los EMF en humanos, no presentándose datos para especies animales. Además, cabe destacar que a la fecha de publicación de esta guía no existen normas primarias referidas a salud humana, ni tampoco norma secundaria para animales.

3.2 Proyectos de generación eólica

Los parques eólicos pueden presentar un impacto directo sobre aves y murciélagos. De acuerdo a la bibliografía analizada, en aves el principal impacto se refiere a colisión, mientras que para quirópteros los impactos directos serían colisión y barotrauma.

3.2.1 Aves

Los impactos ocasionados por proyectos de generación eólica sobre las aves se pueden clasificar en impactos directos (colisión) e indirectos (como pérdida de hábitat) ^{05,10,16,43}. El principal impacto se refiere al de colisión contra los aerogeneradores ^{05, 16, 42, 43, 44}.

3.2.1.1 Colisión

El impacto de colisión se refiere al choque de las aves con los aerogeneradores, situación que suele devenir en la muerte del o los ejemplares. En la escena internacional, el efecto de los parques eólicos sobre las aves es un motivo principal de preocupación, puesto que es visible y cuantificable ¹⁶.

Por lo general, los aerogeneradores instalados en Chile varían entre 80 y 120 m de altura³⁰¹, con aspas que miden cerca de 44 m (modelo Vestas V90) ³⁰⁶. Si se considera que el rotor posee un intervalo operacional de 8,4-18,4 rpm ³⁰⁶, el punto extremo de las aspas alcanzaría los 84,7 m/s (figura 8).



Figura 8: Velocidad alcanzada por el aspa del aerogenerador.

Fuente: Elaboración propia.

Los factores que influencian la colisión de aves contra los aerogeneradores son de tipo estructurales, biológicos y propios del sitio.

Factores estructurales

Varios factores de las estructuras de los aerogeneradores influyen sobre su impacto en las aves, como son:

Distribución del parque eólico: la estructura del parque eólico definirá en qué medida éste actúa como una barrera para el paso de las aves. Proyectos que presentan una estructura lineal poseen una mayor probabilidad de generar colisiones, aunque debería tenerse presente lo expuesto en el punto siguiente ^{12, 34, 40, 203}.

Ubicación de cada aerogenerador: la ubicación de los aerogeneradores dentro de un parque es determinante, debido a que no todos los aerogeneradores revisten la misma peligrosidad, sino que algunos en particular concentran la mayor parte de la mortalidad ocasionada por un parque eólico ^{19, 25, 26, 43, 44, 204, 232, 234, 240, 243}. Lo anterior se debe a que las aves no se mueven aleatoriamente sobre un área, sino que siguen las principales corrientes de vientos que son afectadas por la topografía²⁴³, por lo que los aerogeneradores ubicados en sitios cuyo relieve determina condiciones favorables para un alto tránsito de aves, por ejemplo cañones o sitios donde se formen túneles de viento que ayudan al ascenso de las aves ²⁰⁴, revisten mayor riesgo que aquellos que se ubican en micrositios que no poseen esta condición.

La información acerca del tránsito de aves en un lugar determinado puede obtenerse mediante observación directa, con el uso de radares o predecirlo incluso a través de modelos de túneles de viento.

Tamaño de las estructuras: cuanto más altas sean las estructuras, las probabilidades de colisión podrían ser mayores ^{15, 16}, por lo que algunos autores advierten que si se aumenta más la altura de los aerogeneradores podría subir la tasa de mortalidad al interceptar la altura de vuelo de las aves que realizan migraciones ¹⁶.

Factores biológicos

Maniobrabilidad de vuelo: las especies de vuelo poco maniobrable, es decir, aquellas que poseen una alta carga alar (relación entre la superficie alar y el peso del ave) y una baja relación de aspecto (alas largas y delgadas), poseen una menor capacidad para sobrellevar los vórtices de viento producidos por los extremos de las aspas de los aerogeneradores. Esta situación afecta principalmente a especies pertenecientes a los órdenes Anseriformes, Columbiformes, Charadriiformes, Tinamiformes, Piciformes, Pelecaniformes, Gruiformes, Podicipediformes y también Passeriformes. Para este último grupo, la detección es muy baja debido presumiblemente a la rápida remoción de cadáveres por carroñeros y depredadores oportunistas ^{04, 05, 12, 15, 16, 25, 26, 34, 36, 42, 43, 44}.

Ejemplos de especies presentes en Chile pertenecientes a los grupos mencionados se presentan en la tabla 4 .

Voladores nocturnos: Las especies de aves que habitualmente realizan vuelos nocturnos poseen una mayor probabilidad de colisión contra los aerogeneradores, particularmente durante noches de baja visibilidad debido a factores ambientales ^{05, 16, 36, 221, 222}.

Tabla 4: Grupos de aves más susceptibles de colisionar con proyectos de generación eólica.

Orden	Familia	Ejemplo de especies en Chile
Anseriformes (*)	Anatidae	Canquén colorado (<i>Chloephaga rubidiceps</i>) Cisne coscoroba (<i>Coscoroba coscoroba</i>) Cisne de cuello negro (<i>Cygnus melanocorypha</i>) Pato cuchara (<i>Anas plattea</i>) Pato gargantillo (<i>Anas bahamensis</i>) Pato rinconero (<i>Heteronetta atricapilla</i>) Piuquén (<i>Chloephaga melanoptera</i>) Quetru volador (<i>Tachyeres patachonicus</i>)
Columbiformes (*)	Columbidae	Torcaza (<i>Patagioenas araucana</i>)
Charadriformes (*)	Charadriidae	Chorlo de Magallanes (<i>Pluvianellus socialis</i>)
	Laridae	Gaviota andina (<i>Larus serranus</i>) Gaviota garuma (<i>Larus modestus</i>) Gaviotín chico (<i>Sterna lorata</i>) Gaviotín de San Félix (<i>Anous stolidus</i>) Gaviotín monja (<i>Larosterna inca</i>)
	Rostratulidae	Becacina pintada (<i>Rostratula semicollaris</i>)
	Scolopacidae	Becacina (<i>Gallinago paraguaiae</i>) Playero ártico (<i>Calidris canutus</i>) Zarapito boreal (<i>Numenius borealis</i>)
	Thinocoridae	Perdicia cordillerana (<i>Attagis gayi</i>)
Tinamiformes (*)	Tinamidae	Perdiz austral (<i>Tinamotis ingoufi</i>) Perdiz copetona o Martineta (<i>Eudromia elegans</i>) Perdiz de la puna (<i>Tinamotis pentlandii</i>)
Piciformes (*)	Picidae	Carpintero negro (<i>Campephilus magellanicus</i>)
Pelecaniformes (*) (1)	Pelecanidae	Pelícano (<i>Pelecanus thagus</i>)
	Ardeidae	Garza cuca (<i>Ardea cocoi</i>)
	Threskiornithidae	Cuervo de pantano (<i>Plegadis chihi</i>) Cuervo de pantano de la Puna (<i>Plegadis ridgwayi</i>)
Gruiformes (*)	Rallidae	Pidén austral (<i>Rallus antarcticus</i>) Pidencito (<i>Laterallus jamaicensis</i>) Tagua cornuda (<i>Fulica cornuta</i>) Tagua gigantea (<i>Fulica gigantea</i>)
Podicipediformes (*)	Podicipedidae	Pimpollo tobiano (<i>Podiceps gallardoi</i>) Huala (<i>Podiceps major</i>) Blanquillo (<i>Podiceps occipitalis</i>) Picurio (<i>Podilymbus podiceps</i>) Pimpollo (<i>Rollandia rolland</i>)
Passeriformes (*)	Emberizidae	Comesebo de los tamarugales (<i>Conirostrum tamarugense</i>)
	Furnariidae	Churrete chico de más afuera (<i>Cinclodes oustaleti baeckstroemii</i>) Rayadito de más afuera (<i>Aphrastura masafuerae</i>)
	Tyrannidae	Cachudito de Juan Fernández (<i>Anairetes fernandezianus</i>) Cazamoscas chocolate (<i>Neoxolmis rufiventris</i>) Pájaro amarillo (<i>Pseudocolopteryx flaviventris</i>)
Cabe destacar que el género Pelecaniformes antes incluía a algunas especies chilenas que ahora se encuentran en los órdenes Suliformes y Phaethoniformes.		
Phaethoniformes	Phaetontidae	Ave del trópico de cola roja (<i>Phaeton rubricauda</i>)
Suliformes	Fregatidae	Ave fragata grande (<i>Fregata minor</i>)
	Phalacrocoracidae	Guanay (<i>Phalacrocorax bougainvillii</i>) Lile (<i>Phalacrocorax gaimardi</i>)
	Sulidae	Piquero (<i>Sula variegata</i>)

(*)= 04, 05, 12, 15, 16, 25, 26, 34, 36, 42, 43, 44

Factores propios del sitio

Disponibilidad de alimento: la presencia de ganado en la superficie ocupada por aerogeneradores actúa como un atrayente para aves carroñeras y aves de pradera. La presencia de especies presa, en tanto, aumenta considerablemente la presencia de aves rapaces nocturnas y diurnas, y por ende, el riesgo de colisión ^{25, 204}.

Áreas con alta concentración de aves: los parques situados en o cerca de áreas utilizadas regularmente por un gran número de aves para su alimentación, reproducción, descanso o migración, representan un mayor riesgo de colisión ^{12, 16}, particularmente si éste interrumpe dos áreas entre las cuales existen movimientos regulares ^{12, 16, 34, 43}.

En la parte superior de la figura 9 , se observa que el parque se interpone en la ruta de vuelo entre el área de alimentación y el área de descanso, generando una situación de riesgo; mientras que en la zona inferior de la Figura 9, se observa que el riesgo de colisión es reducido al ubicar el parque fuera de la ruta de tránsito de las aves (que está entre el sitio de alimentación y descanso).

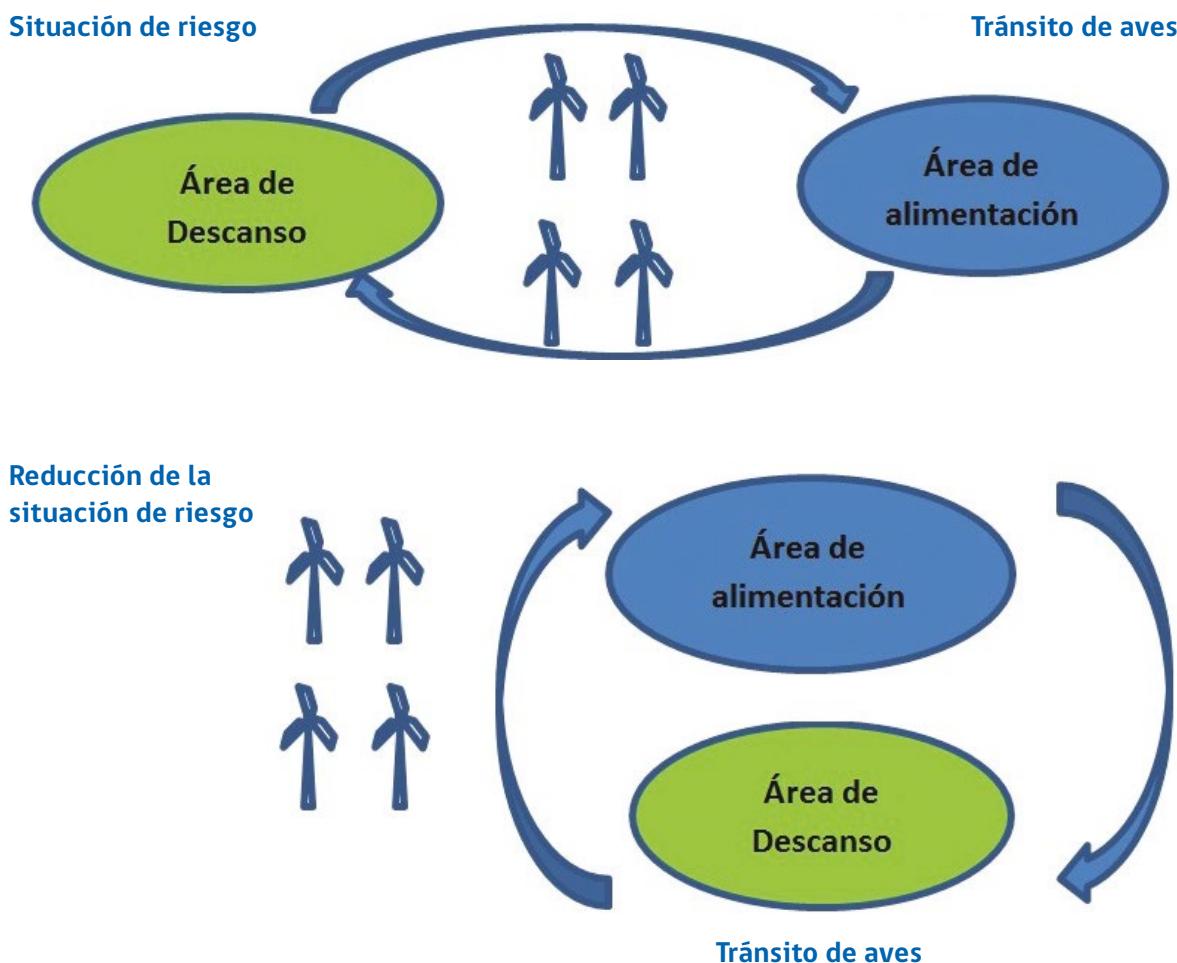


Figura 9: Reducción del riesgo a través de la reubicación del parque.

Fuente: Elaboración propia.

Condiciones meteorológicas adversas: el riesgo de colisión aumenta en aquellos lugares en los cuales se manifiestan, de manera regular, eventos climáticos que dificultan la visibilidad o maniobrabilidad de las aves (lluvia, nieve, neblina, etc.), e implican una mayor probabilidad de colisión ^{04, 13, 15}.

Períodos y sitios de migración: el riesgo de colisión se incrementa en períodos y sitios de migración. Las fechas de migración están relacionadas a la latitud de la zona, y en general ocurren en primavera y otoño pero no están limitadas a estas fechas; pueden durar varias semanas e incluir individuos de diferente sexo y grupos etarios ¹³. También se deberían considerar los desplazamientos regulares de aves residentes que habitan en la zona.

Topografía: las aves se desplazan siguiendo las principales corrientes de vientos que son afectadas por la topografía ²⁴³, por lo que el relieve es un factor importante para identificar los sectores con alto tránsito de aves. Por ejemplo, cañones o sitios donde se formen túneles de viento que ayudan al ascenso de las aves ²⁰⁴.

3.2.2 Murciélagos

Los impactos ocasionados por proyectos de generación eólica sobre murciélagos son fundamentalmente:

- Colisión ^{01, 05, 14, 22, 25, 32, 36, 42}
- Barotrauma ^{09, 14, 18}

3.2.2.1 Colisión-Barotrauma

La mortalidad de murciélagos por aerogeneradores es producida tanto por colisión como por barotrauma, y se explica por factores diferentes a aquellos que provocan las colisiones de aves, principalmente debido a que los quirópteros utilizan un método distinto para ubicarse en el espacio. En términos generales, la ocurrencia del impacto sobre murciélagos puede ser bastante mayor a lo descrito para aves, puesto que estas últimas son, muchas veces, capaces de ver las aspas de los aerogeneradores y esquivarlas, no así los murciélagos [01, 05, 07, 08, 14, 22, 25, 32, 36, 42](#).

El barotrauma se define como la rápida descompresión experimentada por los murciélagos debido a los cambios de presión atmosférica que ocurren entre un lado y otro de la turbina, los cuales reciben el nombre de vórtices [09, 14, 18](#). Los murciélagos, al tener un pequeño tamaño, se ven afectados a nivel pulmonar y cardiovascular [25](#). Este efecto se observa en carcassas de animales que no muestran traumas externos, sino lesiones internas en la cavidad torácica y abdominal [14](#). Cabe destacar que el impacto de parques eólicos sobre quirópteros ocurre generalmente a velocidades de viento entre 3,5 m/s y 6 m/s, debido a que las grandes turbinas comienzan a funcionar generalmente a partir de los 3,5 m/s y los murciélagos disminuyen casi a cero su presencia y actividad con vientos mayores a 6 m/s [01, 04, 05, 14, 16, 18, 19, 25, 43, 214, 225](#).

A continuación se describen los factores que más influyen en las colisiones.

Factores estructurales

Capacidad instalada de MW: la capacidad instalada de MW de un parque se relaciona al número de aerogeneradores y a su capacidad individual. Ambos factores inciden en la probabilidad de ocurrencia de colisión [15, 22, 27](#).

Distribución del parque eólico: la estructura del parque eólico definirá en qué medida éste actúa como una barrera al paso de las especies migratorias. Proyectos que presentan una disposición lineal (de las turbinas) están descritos con una mayor probabilidad de producir impactos [16, 27, 34, 40](#).

Factores biológicos

Migración: las especies migratorias realizan vuelos en altura (>60 m), siendo de esta manera más propensas a colisionar con los aerogeneradores [01, 05, 14, 22, 25, 32, 36, 42, 225](#). Ejemplos de estas especies son *Lasiurus varius*, *Lasiurus cinereus* y *Tadarida brasiliensis*, todos presentes en Chile [51, 52, 53](#).

Factores propios del sitio

Velocidad del viento: las mayores tasas de colisión de murciélagos contra aerogeneradores ocurren cuando las velocidades del viento son menores a 6 m/s, debido a que por sobre este umbral disminuye la disponibilidad de alimento (insectos) y se dificulta en extremo el vuelo de los murciélagos. Por otra parte, las aspas de los aerogeneradores de gran tamaño generalmente no giran a velocidades del viento inferiores a 3 m/s. Por lo tanto, la mayor probabilidad de colisión-barotrauma se da con velocidades de vientos entre 3 m/s y 6 m/s ^{19, 21, 25, 32}.

Actividad de murciélagos en el sitio: las colisiones son especialmente relevantes en sitios de importancia biológica, como son los lugares de alimentación y reproducción ^{05, 09, 313}.

Elementos lineales del paisaje: los elementos lineales del paisaje son utilizados por los murciélagos como guía para moverse de un sitio a otro (ya sea desde las guaridas a los sitios de alimentación o durante la migración). En consecuencia, estos elementos inciden favorablemente en la probabilidad de colisión como lo muestra la figura 10 ^{31, 313}.

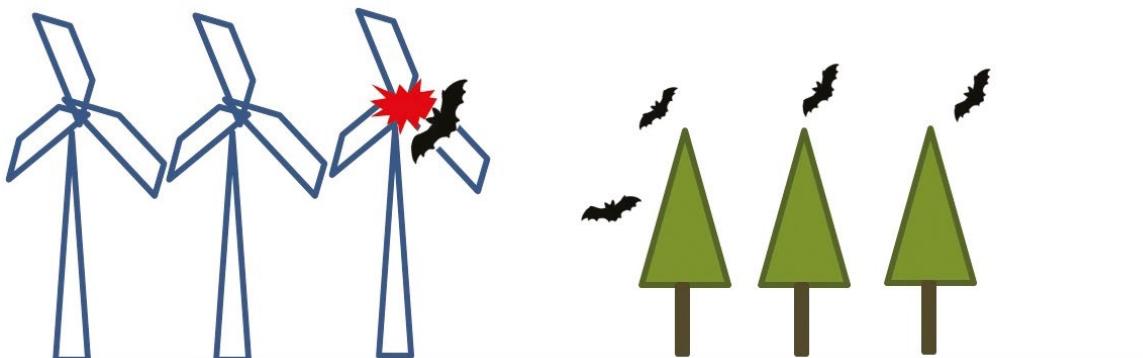


Figura 10: Se grafica cómo un grupo de turbinas adyacente a una ruta de tránsito de murciélagos puede ocasionar colisión y barotrauma.

Fuente: Modificado de González, G. (2014) ³⁰⁴.

4

MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO

4. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO

El objetivo de la evaluación de impacto ambiental es comparar la situación del área de estudio en su estado original (sin proyecto), con la situación que se da con el desarrollo del proyecto.

Los impactos provocados por proyectos de transmisión eléctrica y generación eólica se encuentran ampliamente descritos en la literatura, sin embargo, por lo general no se propone una metodología de evaluación única, sino más bien criterios y lineamientos.

Lo anterior, probablemente, se deba a que cada proyecto requiere ser evaluado en forma individual, tomando en cuenta tanto las características propias del proyecto como las del área donde se emplazaría, por lo tanto, el método más adecuado para evaluar un proyecto particular, no necesariamente es aplicable a todos los del mismo tipo.

Una evaluación, para ser válida, debe sustentarse en el levantamiento de información en el área de influencia del estudio (como delimitación de rutas migratorias o de desplazamiento, listado de especies, distribución y abundancia, presencia de áreas de concentración, ubicación de humedales, presas del área, características del entorno, etc.). Esta información debe ser suficiente en cantidad y calidad, y además, debe ser representativa de las distintas estaciones del año, horas del día y la noche, y de los ambientes presentes en el área de estudio. Los lineamientos generales para el levantamiento de la información necesaria para la evaluación ambiental se encuentran en la “*Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental de Centrales Eólicas de Generación de Energía Eléctrica*”³⁰⁰ (3) y en el “*Manual para Evaluación de Línea Base Componente Fauna Silvestre*”³⁰³.

La ocurrencia de impactos dependerá de diversos factores de la fauna silvestre que, se sugiere, sean evaluados por expertos idealmente desde un plano interdisciplinario, sopesando la implicancia de los componentes aditivos o multiplicativos que desencadenan la ocurrencia de los mismos.

De acuerdo al Reglamento del SEIA³⁰⁸, un proyecto presenta un efecto adverso significativo sobre los recursos naturales renovables si “*se afecta la permanencia del recurso, asociada a su disponibilidad, utilización y aprovechamiento racional futuro; se altera la capacidad de regeneración o renovación del recurso; o bien, se alteran las condiciones que hacen posible la presencia y desarrollo de las especies y ecosistemas*

(3) Link de descarga de guías: http://www.sea.gob.cl/sites/default/files/20121109_eolica_terminada.pdf

300: Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental de Centrales Eólicas de Generación de Energía Eléctrica.

Como criterios de evaluación de impacto significativo sobre el componente fauna silvestre, se consideran:

1) Cantidad de fauna

Este criterio de evaluación se refiere a la cantidad de ejemplares de una especie que podría ser impactada por el proyecto.

2) Biodiversidad

La diversidad biológica presente en el área de influencia del proyecto o actividad, y su capacidad de regeneración.

3) Singularidad de la especie

Este criterio valora los recursos que son propios del país, únicos o representativos.

4) Estado de conservación de la especie

Este criterio considera la presencia y abundancia de especies en estado de conservación, o la existencia de un plan de recuperación, conservación y gestión de dichas especies, de conformidad a lo señalado en el artículo 37 de la Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente.

Se consideran especies en estado de conservación las nombradas en los listados nacionales de especies amenazadas, en base a las siguientes normativas:

- Listados nacionales oficializados por decretos publicados según el procedimiento señalado en el Decreto Supremo N°29 de 2012 del Ministerio del Medio Ambiente que aprueba el Reglamento para Clasificación de Especies Silvestres RCE (4).
- Decreto Supremo N°05 de 1998 y sus modificaciones, Reglamento de la Ley de Caza, en caso de especies que no han sido clasificadas por el Decreto Supremo N°29.

5) Superficie a intervenir

Este criterio se refiere a la cantidad de superficie (con fauna silvestre) intervenida, explotada, alterada o manejada, y el impacto generado en esa zona.

(4) Link de descarga de especies clasificadas en categoría de conservación:
<http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/información-procesos-2014.html>

6) Valor ambiental del territorio a intervenir

Este criterio considera la pérdida de fauna por degradación de su hábitat. Para su estimación se recomienda cuantificar la superficie impactada y considerar el estado inicial del ecosistema. Se considera que un territorio cuenta con valor ambiental, si posee nula o baja intervención antrópica y provee de servicios ecosistémicos locales relevantes para la población, o cuyos ecosistemas o formaciones naturales presentan características de unicidad, escasez o representatividad.

7) Localización del proyecto

Se considerará que el proyecto genera impacto significativo, si dentro de su área de influencia se encuentran áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos y/o glaciares de acuerdo al Reglamento del SEIA ³⁰⁸.

De acuerdo al Reglamento del SEIA, los humedales protegidos son “*aquellos ecosistemas acuáticos incluidos en la Lista (RAMSAR) a que se refiere la Convención Relativa a las Zonas Húmedas de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de las Aves Acuáticas, promulgada mediante Decreto Supremo N°771, de 1981, del Ministerio de Relaciones Exteriores*”.

8) Fragmentación del hábitat

Dentro de la evaluación se recomienda considerar si la ubicación del proyecto afecta la integridad del ecosistema y la conectividad de las especies presentes dentro del área de influencia con otros hábitats similares.

9) Duración del impacto

En ambas tipologías de proyecto, líneas de transmisión eléctricas y parques eólicos, el impacto sobre el componente fauna silvestre sería a lo largo de toda la vida útil del proyecto, por lo que la duración sería permanente o de largo plazo.

10) Magnitud del impacto

Se refiere al grado de destrucción de una actividad sobre el entorno, la cual se evalúa de acuerdo a la cantidad y calidad de los recursos impactados.

La evaluación del impacto ambiental consiste en la comparación de la situación con proyecto y sin él, y se basa en la valoración de la magnitud del impacto y del factor ambiental impactado, en este caso, la fauna silvestre.

A continuación se presentan lineamientos comunes a la evaluación de proyectos de transmisión eléctrica y generación eólica.

4.1 El valor ambiental de las especies

El valor ambiental de las especies de fauna silvestre impactadas corresponde a la importancia relativa de las distintas especies. Este criterio da cuenta del estado de conservación, cantidad e importancia del elemento evaluado. La consultoría “*Medidas de mitigación de impactos en aves silvestres y murciélagos*”³⁰⁴ propone la categoría de conservación como criterio para la evaluación del valor ambiental de las especies. La categoría de conservación apunta a valorar la singularidad del recurso de acuerdo al Reglamento del SEIA³⁰⁸, al realizar la evaluación ambiental deberá ponerse especial énfasis en aquellos recursos propios del país que sean escasos, únicos o representativos.

Categoría de conservación

Representa el grado de amenaza o probabilidad de extinción de las especies y guarda relación directa con la significancia de un impacto. Para su definición se deben utilizar listados reconocidos en el SEIA, como son el RCE, y en segundo orden de prelación, las categorías informadas por el Reglamento de la Ley de Caza.

4.2 Evaluación de la sensibilidad del área

La probabilidad de colisión de aves y murciélagos depende de la densidad y probabilidad de colisión de las especies presentes en el área de estudio. Por lo tanto, se recomienda evitar áreas protegidas o densamente pobladas, particularmente si se trata de especies amenazadas o propensas a colisionar.

De acuerdo al artículo 8 del Reglamento del SEIA³⁰⁸: “*El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su proyecto o actividad se localiza en o próxima a (...) áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos y glaciares, susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar*”.

A continuación se presentan algunos criterios, adaptados de “*Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en las aves y murciélagos*”¹⁶, para determinar la sensibilidad del área:

- Presencia de colonias o dormideros de aves.
- Presencia de refugios de murciélagos.
- Que la zona se encuentre entre dos áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos o con presencia de murciélagos.
- Presencia de grandes concentraciones de aves.
- Corredores migratorios o de desplazamiento de aves o murciélagos.
- Que la zona se encuentre dividiendo dos zonas húmedas o forestales.
- Presencia de especies amenazadas (aves o murciélagos).

4.3 Magnitud del impacto

La magnitud (Ma) corresponde a la importancia relativa que tiene un impacto en relación a otro, el cual se explica por la interacción de múltiples variables. Estas variables son numerosas y varían entre metodologías de evaluación ambiental; sin embargo las más frecuentemente utilizadas son: carácter, extensión, intensidad, reversibilidad, probabilidad y sinergia. Por lo general, la evaluación de la magnitud de impacto se expresa de forma similar a la presentada en Ecuación 1:

$$\text{Ma} = \text{Ca} \times \text{P} \times (\text{Int} + \text{Ex} + \text{Rev} + \text{du} + \text{S} + \dots)$$

Ma: magnitud del impacto.

Ca: carácter del impacto.

P: probabilidad de ocurrencia.

I: intensidad.

Ex: extensión.

Rev: reversibilidad.

Du: duración.

S: sinergia.

Por lo general, la valoración de la magnitud del impacto considera el carácter (positivo o negativo) y la probabilidad de ocurrencia como multiplicando a los otros factores, los que se pueden adicionar en forma simple o con un factor de ponderación (según su relevancia).

El criterio de probabilidad da cuenta de la variabilidad entre especies, lo cual lo hace el más difícil de establecer. El comportamiento de los demás criterios es habitualmente conocido y común para todas las especies ³⁰⁴.

A continuación se presentan indicaciones para la consideración de algunos de los criterios más comúnmente utilizados:

Carácter: refleja la naturaleza del cambio; es decir, si este es positivo, neutro o negativo. Para todos los impactos tratados en este documento, el carácter debiera ser valorado como negativo. Probabilidad: los factores que inciden en la probabilidad de ocurrencia de un impacto son aquellos presentados previamente para cada impacto dentro de los grupos de factores: biológicos, estructurales y propios del sitio.

En un mismo proyecto, los factores estructurales y propios del sitio son comunes a las distintas especies. Sin embargo, los factores biológicos son específicos para cada especie evaluada. De acuerdo a lo anterior, la probabilidad de ocurrencia de un impacto en particular estará compuesta por un componente intrínseco de cada especie (como la morfología alar, comportamiento y habilidad de vuelo de cada especie) y un componente común a todas las especies (como características de las estructuras del proyecto y del área de emplazamiento).

Extensión: se relaciona con la cobertura espacial del proyecto en sí, o bien, con el alcance espacial en el cual se manifiestan los impactos (dependiendo de la metodología utilizada). Para los impactos abordados en este documento, se recomienda que la extensión guarde relación con el área de influencia para el componente fauna.

Duración: corresponde a la persistencia en el tiempo de los impactos, o bien, a la persistencia de la acción que los genera (dependiendo de la metodología utilizada).

Debido a que, en la práctica, es muy difícil establecer cuánto tarda una población en recuperar cierto tamaño una vez producido un impacto; se recomienda entender este criterio como la totalidad de la vida útil del proyecto (habitualmente > a 20 años).

Sinergia: la acción sinérgica se produce cuando el efecto de dos o más causas es mayor que la suma de sus efectos individuales, de acuerdo al Reglamento del SEIA ³⁰⁸: “Para la evaluación de impactos sinérgicos se deberán considerar los proyectos o actividades que cuenten con calificación ambiental vigente de acuerdo a lo indicado en el literal e.¹¹”.

4.4 Significancia del impacto

La significancia del impacto sobre el componente fauna silvestre depende de un gran número de factores, sin embargo algunas situaciones que se recomienda considerar como significantes debido a su incidencia en la regeneración del elemento natural fauna silvestre, son:

- Mortalidad de individuos listados en categorías de conservación como amenazados, independiente del número o frecuencia con que ésta se produzca, ya que podría conducir a declinación o extinción local de la especie, lo cual favorecería la declinación global de la misma.
- Mortalidad elevada de una misma especie, aunque esta no se encuentre clasificada como especie amenazada, debido a que esto podría derivar en la modificación del ensamble y acarrear efectos secundarios indeseables.
- Mortalidad preferente de juveniles, debido a que afectaría el reclutamiento de poblaciones locales, pudiendo tener efectos poblacionales superiores a los explicados únicamente por el número de individuos afectados. Este punto es particularmente relevante para especies con bajas tasas de reproducción, como son las aves rapaces y los murciélagos.
- Mortalidad preferente de machos o hembras, por razones semejantes a las descritas en el punto anterior. Esto es importante especialmente para especies con bajas tasas de reproducción, como son las aves rapaces y los murciélagos.
- Mortalidad de hembras preñadas (murciélagos). Los impactos sobre hembras preñadas pueden representar un alto riesgo para poblaciones locales, dadas las bajas tasas de reproducción (una o dos crías por año) y alta longevidad del grupo, por lo que es importante conocer la época de reproducción de la especie.

4.5 Evaluación de efecto sinérgico

De acuerdo al Artículo 18 letra f) del Reglamento del SEIA ³⁰⁸ se indica que “*para la evaluación de impactos sinérgicos se deberán considerar los proyectos o actividades que cuenten con calificación ambiental vigente de acuerdo a lo indicado en el literal e.¹¹*”.

En Chile no existen criterios específicos para evaluar el efecto sinérgico de un proyecto, sin embargo como referencia es posible considerar los criterios españoles, los cuales indican que dos proyectos pueden ser sinérgicos por las siguientes circunstancias ¹⁶:

Proximidad física: si dos parques eólicos que se encuentran próximos se debería evaluar su efecto sinérgico, para lo cual el artículo “*Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en las aves y murciélagos*” ¹⁶ propone 10-15 km como distancia de referencia.

Afección a un mismo espacio protegido: si dos parques eólicos afectan un mismo espacio protegido, éstos deberían ser evaluados en forma conjunta aunque se encuentren distantes el uno del otro.

Afección a un mismo elemento natural: si dos parques eólicos afectan, por ejemplo, a una misma población de aves o de murciélagos, deberían evaluarse en forma conjunta.

4.6 Modelo predictivo basado en la morfología de las aves

Un modelo para evaluar la susceptibilidad de las aves a colisión y electrocución en base a la morfología de sus alas es descrito en “*Biological and conservation aspects of bird mortality caused by electrical power lines: a review*” ¹¹. El modelo aplica un análisis estadístico, llamado “*Componentes Principales*”, a variables como la carga alar (peso del ave dividido por el área del ala) y el aspecto (amplitud del ala); y se crean seis grupos según su desempeño en vuelo, lo cual se relaciona con su susceptibilidad de colisión o electrocución, siendo los principales resultados los que se presentan a continuación.

4.6.1 Grupos de aves con mayor riesgo de colisión

De acuerdo a “*Biological and conservation aspects of bird mortality caused by electrical power lines: a review*”¹¹ los grupos más vulnerable a colisión son:

Voladores “pobres”: este grupo presenta un alto riesgo de colisión con las líneas eléctricas; se caracterizan por tener un vuelo rápido, cuerpo pesado y alas pequeñas, lo que disminuye su maniobrabilidad. Pertenecen mayormente a los órdenes Gruiformes y Tinamiformes. Dentro de las especies más afectas a colisiones en América y Europa están la focha común (*Fulica atra*), grulla (*Grus grus*), rascón común o rascón europeo (*Rallus aquaticus*). En Chile, algunas especies del orden Gruiformes son pidén austral (*Rallus antarcticus*), pidencito (*Laterallus jamaicensis*), tagua cornuda (*Fulica cornuta*), tagua gigante (*Fulica gigantea*); por otra parte, algunos miembros del orden Tinamiformes son: perdiz austral (*Tinamotis ingoufi*), perdiz copetona o Martineta (*Eudromia elegans*), perdiz de la puna (*Tinamotis pentlandii*).

Aves acuáticas y zambullidores: este grupo también presenta muchas especies en riesgo de colisión, como las pertenecientes al orden Anseriformes (patos y cisnes entre otros) o aves de la familia Scolopacidae (playeros, zarapitos y agujetas entre otros), que aumentan su riesgo de colisión debido a que migran grandes distancias. En Chile se puede mencionar a la familia Podicipedidae, que son zambullidores (hualas, pimpollos, blanquillos y picurios).

Planeadores marinos: aunque este grupo no presenta altos índices de colisiones, las gaviotas son la excepción, porque aunque tienen una baja carga alar, presentan gran número de colisiones en el tendido eléctrico. Se ha sugerido que pueden ser arrastradas por los vientos hacia los cables de corriente¹¹.

Las especies de la familia Anatidae (patos) tienen 50% más probabilidad de colisionar que especies de la familia Laridae (gaviotas), pero las gaviotas pasan más tiempo volando y son más numerosas. No obstante, pueden haber grandes diferencias dentro de un grupo como los Anatidae y para obtener predicciones precisas sería necesario hacer estudios especie-específicos.

Los depredadores aéreos: poseen excelentes habilidades de vuelo y visión binocular, pero pasan la mayor parte de su vida en el aire, por lo que sus probabilidades de colisionar son mayores que las aves que viven en tierra.

Los planeadores termales: en este grupo es difícil predecir su riesgo. Algunas de sus especies son susceptibles a ambos, electrocución y colisión. Las garzas, Ciconiiformes (como las cigüeñas), y Gruiformes (grullas, rascones y avutardas) presentan una alarmante tasa de accidentes en la líneas de transmisión eléctrica, aunque no se distingue claramente si es por electrocución o colisión. Aunque la electrocución parece aumentar su importancia en estos grupos (como las aves rapaces) dependiendo del tamaño de su cuerpo, hábitos de percha, caza y descanso.

Los datos sugieren que los juveniles son, con más frecuencia, víctimas de colisión debido a su inexperiencia en vuelo y sus hábitos gregarios.

4.6.2 Grupos de aves con mayor riesgo de electrocución

El grupo de aves más propenso a la electrocución es el de los planeadores termales debido a su hábito de percha; se caracterizan por una baja carga alar (alta maniobrabilidad de vuelo) y alas más bien amplias.

Los planeadores termales como halcones, cigüeñas, águilas, búhos, buitres y cóndores, son muy susceptibles a la electrocución por el hábito de usar estructuras para percharse.

La mayor parte de las víctimas de electrocución son rapaces de tamaño medio, búhos y cárvidos. Especies frecuentemente afectadas por electrocución pertenecen a los grupos de los Ciconiformes, Falconiformes, Strigiformes y Paseriformes.

4.6.3 Evaluación del riesgo especie específico

Los grupos de aves descritos anteriormente pueden esbozar una idea del riesgo de colisión o electrocución de cada uno, sin embargo, pueden haber grandes diferencias dentro de un grupo, por lo que para obtener predicciones precisas es necesario hacer estudios especie-específicos.



MEDIDAS DE MITIGACIÓN



5. MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Los proyectos que ingresen al SEIA en modalidad de Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y generen efectos adversos significativos sobre el recurso natural fauna silvestre, deben presentar medidas de mitigación, restauración, recuperación y/o compensación que se hagan cargo adecuadamente del impacto. Ellas deberían incluir al menos:

- Un valor indicador para determinar el cumplimiento de la medida.
- Carta Gantt.
- Período en que se considerará cumplida la medida.
- Cuando la medida de mitigación va relacionada a un muestreo, éste debe contar con un diseño estadístico robusto que permita avalar tanto los resultados del muestreo como la aplicación de la medida.

Esta sección se enfoca exclusivamente en las medidas de mitigación ambiental, de acuerdo al Artículo 98 del Reglamento del SEIA ³⁰⁸. Las medidas de mitigación tienen por finalidad evitar o disminuir los efectos adversos de un proyecto o actividad. Cualquiera sea su fase de ejecución, el plan de medidas de mitigación ambiental debe considerar, al menos, una de las siguientes:

1. Las que impidan o eviten completamente el efecto adverso significativo, mediante la no ejecución de una obra o acción, o de alguna de sus partes.
2. Las que minimizan o disminuyen el efecto adverso significativo, mediante una adecuada limitación o reducción de la extensión, magnitud o duración de la obra o acción, o de alguna de sus partes.
3. Las que minimizan o disminuyen el efecto adverso significativo mediante medidas tecnológicas y/o de gestión consideradas en el diseño.

Las medidas de mitigación que se proponen a continuación son específicas para cada tipo de proyecto e impacto, y se agrupan en el segundo y tercer punto del listado anterior.

Una consideración importante de mencionar para esta tipología de proyectos es que las medidas de mitigación que sean implementadas, deben ser dispuestas de manera de no afectar las capacidades de diseño de las instalaciones, su operación normal y las actividades de mantención de las mismas, cumpliendo la normativa sectorial vigente, en especial lo señalado en los siguientes cuerpos legales:

- Norma NSEG 5 E.n. 71. Electricidad. "Instalaciones Eléctricas de Corrientes Fuertes", de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.
- Norma NSEG 6 E.n. 71. Electricidad. "Cruces y Paralelismos de Líneas Eléctricas", de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.
- R.M. Exenta N°9/05 del Ministerio de Economía y sus Modificaciones, que aprobó la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio.

5.1 Proyectos de líneas de transmisión

Las medidas de mitigación propuestas para proyectos de transmisión eléctrica están orientadas al grupo de las aves, en consideración a lo mencionado en el Capítulo 3 sobre descripción de impacto, donde además se indica que para el orden de los quirópteros no se han registrado eventos por colisión y/o electrocución.

5.1.1 Impacto de electrocución

A continuación se presentan las medidas de mitigación para el impacto de electrocución. Cabe destacar que un adecuado diseño de apoyo del poste permite eliminar casi por completo los incidentes de electrocución de manera sencilla y perdurable, sin necesidad adoptar otras acciones para la mitigación de este impacto ^{03, 211}.

5.1.1.1 Implementación de distancias de seguridad

La principal medida de mitigación para el impacto de electrocución es la implementación de una distancia de seguridad que evite que el ave tome contacto con dos fases energizadas produciendo su electrocución. El contacto con dos fases se puede producir con las puntas de las alas del ave o con cualquier punto de su cuerpo a consecuencia de su altura o largo corporal (figura 11).



Figura 11: Se muestra la envergadura alar y la altura del ave, ambos factores inciden en la toma de contacto con dos fases energizadas.

Fuente: Elaboración propia.

La figura 12-a grafica el mecanismo mediante el cual un ave toma contacto con ambos conductores simultáneamente; en la figura 12-b se muestra cómo un ave tomaría contacto simultáneo con el conductor y tierra.

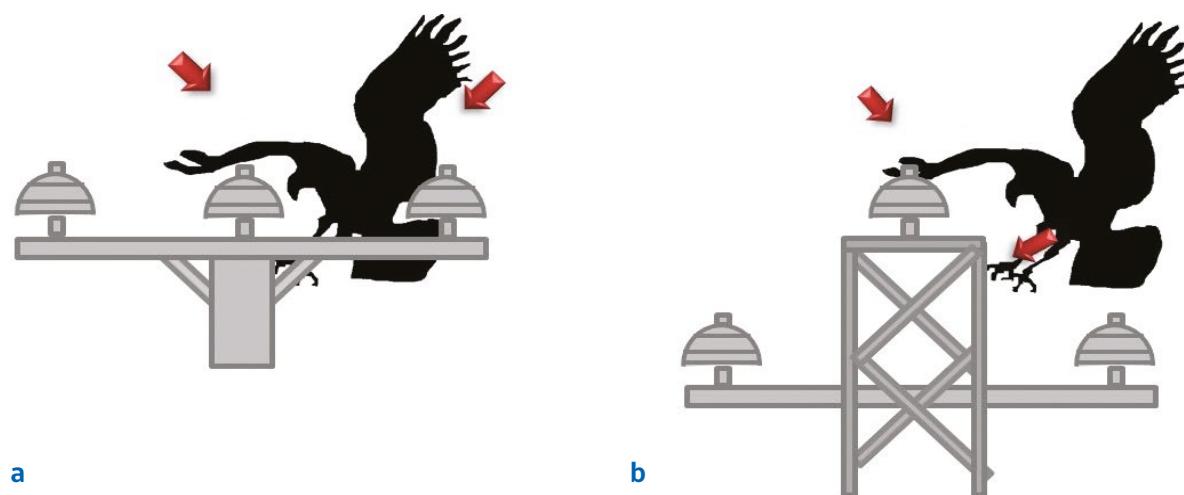


Figura 12: Formas en que un ave puede electrocutarse.

Fuente: Adaptado de González, G. (2014) ³⁰⁴.

La seguridad de las aves puede lograrse a través de:

Aislamiento de estructuras: las líneas más antiguas que no cuentan con un diseño seguro, pueden modificar sus configuraciones (a un diseño seguro) o recurrir al uso de aisladores ³³.

Si se opta por el uso de aislantes para lograr la seguridad deseada, se aconseja que éstos sean aplicados a cada uno de los conductores. Además, se recomiendan aisladores fabricados en base a polímeros, y que las estructuras que los fijen tampoco sean conductoras ³¹³.

Modificar el diseño del tendido: un diseño seguro de las estructuras de apoyo permite evitar los incidentes de electrocución sin recurrir a medidas adicionales, más aun, su costo económico es equivalente al de los diseños peligrosos ³¹³.

Para ser considerado seguro, un diseño debe permitir una separación entre las estructuras energizadas de al menos 1,5 m entre conductores, y 0,6 m entre conductor y tierra ^{24, 35, 227}. En el caso de intentar proteger a aves de mayor envergadura, como grandes rapaces o buitres, se recomiendan distancias de > 2,7 m y 1,5 m respectivamente ²⁰⁵. Las separaciones recomendadas para líneas de transmisión de más de 60 kV se presentan en tabla 5.

Tabla 5: Separaciones recomendadas para líneas de transmisión >60 kV.

kV	Espaciamiento horizontal (cm)	Espaciamiento vertical (cm)
69 kV	157	106
115 kV	180	130
138 kV	192	141

En la figura 13 se muestran diseños de apoyo considerados inseguros, ya que los conductores se sitúan sobre la cruceta con aisladores fijos.

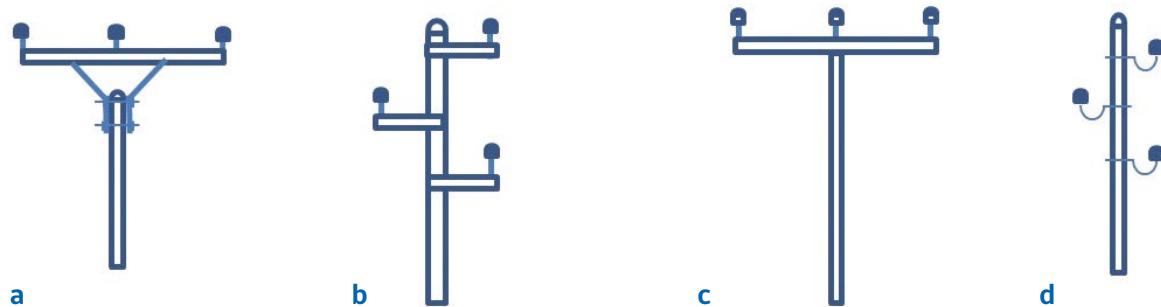


Figura 13: Diseños de apoyo considerados riesgosos.

Fuente: Modificado de Haas, D. et al (2003) ³³.

En la figura 14 se presentan algunas alternativas de diseño consideradas seguras, ya que los conductores se sitúan por debajo de la cruceta con aisladores suspendidos, como son:

- Ubicar los tres conductores por debajo de la cruceta, suspendidos por medio de aisladores de cadena como en las figuras 14-a y 14-c.
- Apoyo al tresbolillo con aisladores suspendidos como en la figura 14-b.
- Dos conductores por bajo la cruceta y sólo uno (el del centro) por arriba, como muestra la figura 14-d . En este caso es importante destacar que el poste no sea conductor ^{03, 33, 205, 313} .

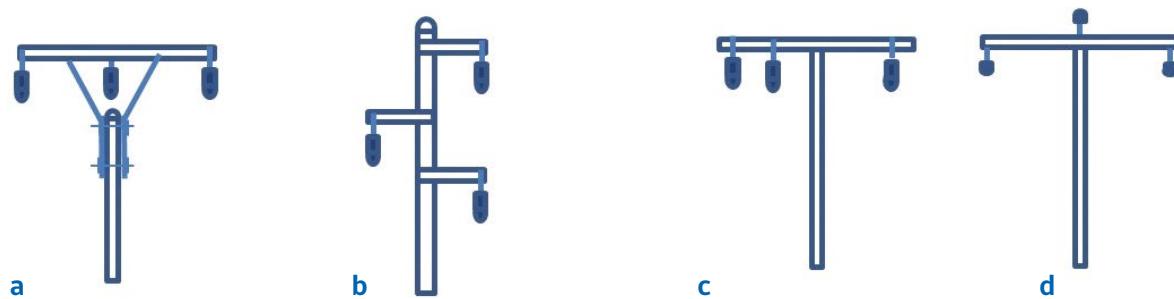


Figura 14: Diseños de apoyo seguros.

Fuente: Modificado de APLIC (2006) ³³.

En relación al material del poste, se recomienda para evitar electrocución 24:

- El uso de postes de madera sin cables de derivación a tierra.
- Asimismo, se sugiere reemplazar el acero de los postes eléctricos, particularmente en las abrazaderas de las crucetas.

5.1.2 Impacto de colisión

5.1.2.1 Disuasores de vuelo o dispositivos anticolisión

La principal medida de mitigación para el impacto de colisión es la implementación de disuasores de vuelo para aumentar la visibilidad del tendido⁰³. Aunque las boyas aeronáuticas no corresponden a una medida en sí misma, sino que a una exigencia de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), son ampliamente utilizadas a nivel nacional e internacional.

Se aconseja que los dispositivos de marcaje sean instalados en el cable de guardia, especialmente cuando este mide menos de 20 mm²²⁷. Además, se recomienda aplicarlo en todo su largo y no sólo en el sector central del vano, puesto que se han descrito eventos de colisiones, contra los extremos más cercanos a las torres que los sujetan, especialmente de aves juveniles³¹³.

En la figura 15-a se observa cómo un ave colisiona con el cable de guardia, al ser este poco visible. En la figura 15-b el riesgo es mitigado debido a que los disuasores de vuelo (salvapájaros) hacen más visible el cable de guardia y disminuyen el riesgo de colisión.

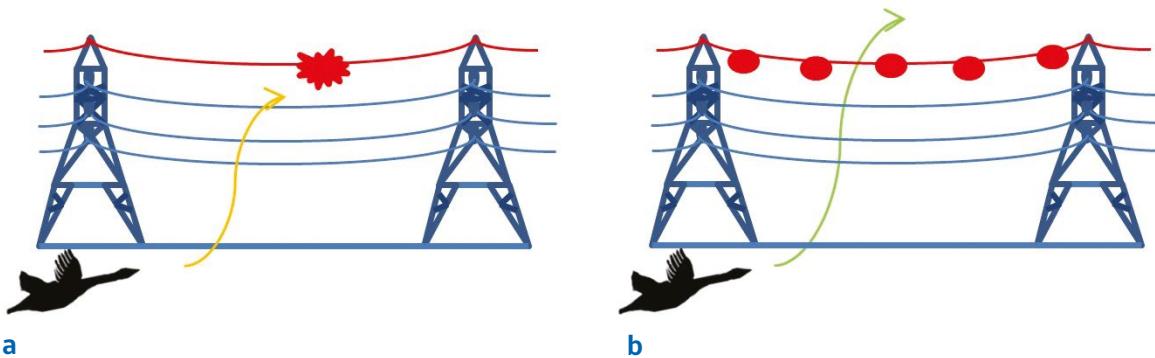


Figura 15: Reducción del riesgo de colisión a través de disuasores de vuelo.

Fuente: Elaboración propia, modificado de González, G. (2014)³⁰⁴.

La elección del dispositivo a utilizar debería estar dada por las características técnicas del mismo. Distintos tipos de disuasores se presentan en la figura 16, siendo aconsejable la consideración de los siguientes aspectos:

Color: debe ser altamente contrastante (rojo, amarillo, blanco) o inclinarse por el uso de dispositivos de dos colores (ej. blanco y negro). El amarillo es considerado el color más contrastante, en tanto que el naranja sería el menos efectivo²⁴.

De acuerdo al Decreto 173 de 2004 de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), las balizas tipo esfera deberán ser de un solo color. Cuando se instalen esferas de color blanco y rojo o blanco y anaranjado, estas deberán alternarse²¹².

En caso que exista riesgo de colisiones nocturnas, se sugiere la implementación de dispositivos que sean visibles durante la noche, ya sea por iluminación, fosforescencia, radiación ultravioleta u otros medios²⁴ (ver figura 18).

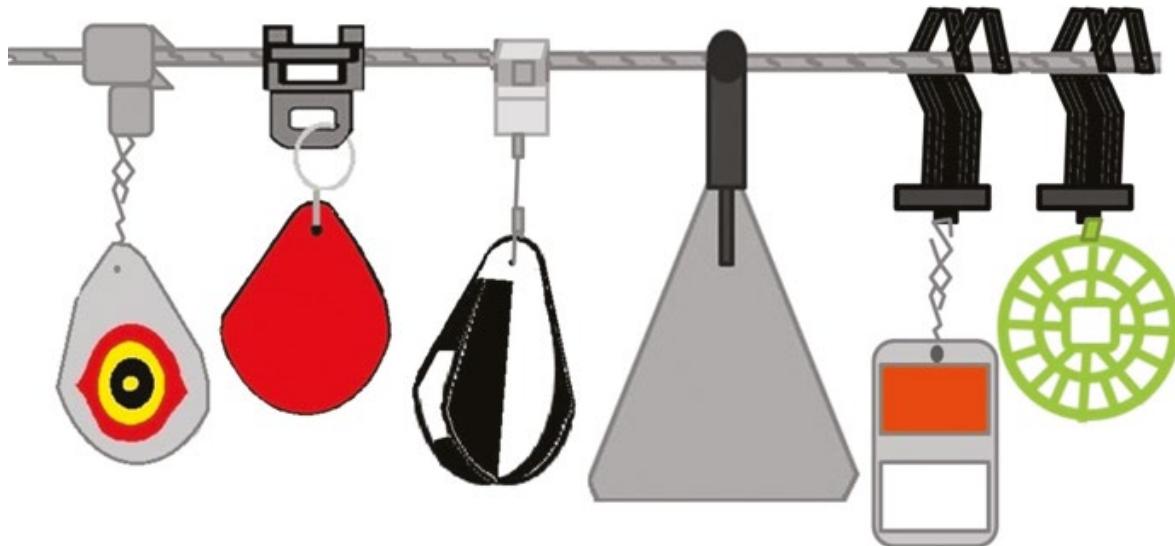


Figura 16: Distintos tipos de dispositivos marcadores usados con el objetivo de reducir las colisiones de aves con las líneas eléctricas.

Fuente: Adaptado de Yee, M.L. et al (2008) 37 citado por González, G. (2014)³⁰⁴.

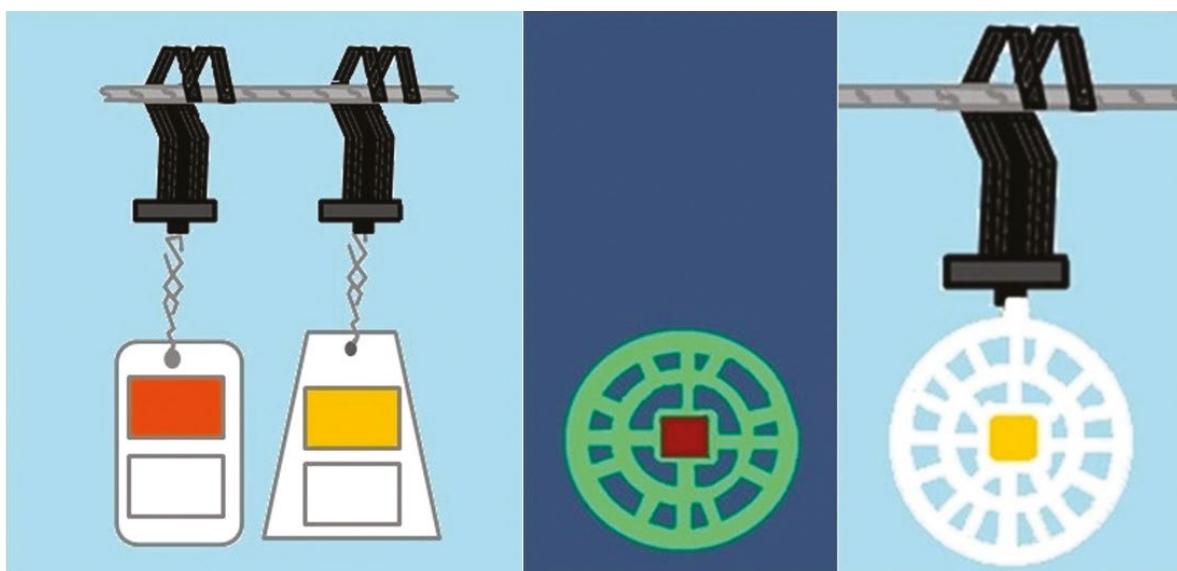


Figura 17: Ejemplo de disuasores visibles en oscuridad.

Izquierda: FireFly. Derecha: BirdMark BM-AG, el cuadro en negro emula su observación durante la noche.

Fuente: Adaptado de Haas, D. et al (2003)³³.

Tamaño: se aconseja que el tamaño del dispositivo sea de, al menos, 10–20 cm de largo y que sea lo suficientemente grande como para aumentar el grosor de la línea en al menos 20 cm ²⁴ (ver figura 18), recomendándose que sobresalga por sobre y bajo el cable. Sin embargo, cabe destacar que aquellos disuasores que marcan los cables solamente por debajo pueden ser igualmente efectivos. Ejemplo de lo anterior es el caso de las aletas de plástico duro, blancas con negro, de unos 50 cm de largo, que han mostrado disminuciones de hasta un 90% de los accidentes en gaviotas y un 80 % en colisiones nocturnas de patos ^{24,33}.

Según la DGAC (Decreto 173/2004) las esferas de marcaje deben medir un mínimo de 60 cm. Adicionalmente a esta consideración, es recomendable tener presente el peso de aquellos disuasores que serán dispuestos en líneas ubicadas en lugares donde ocurren caída de nieve o fuertes vientos, debido a que estos aumentarán la exigencia de la línea.

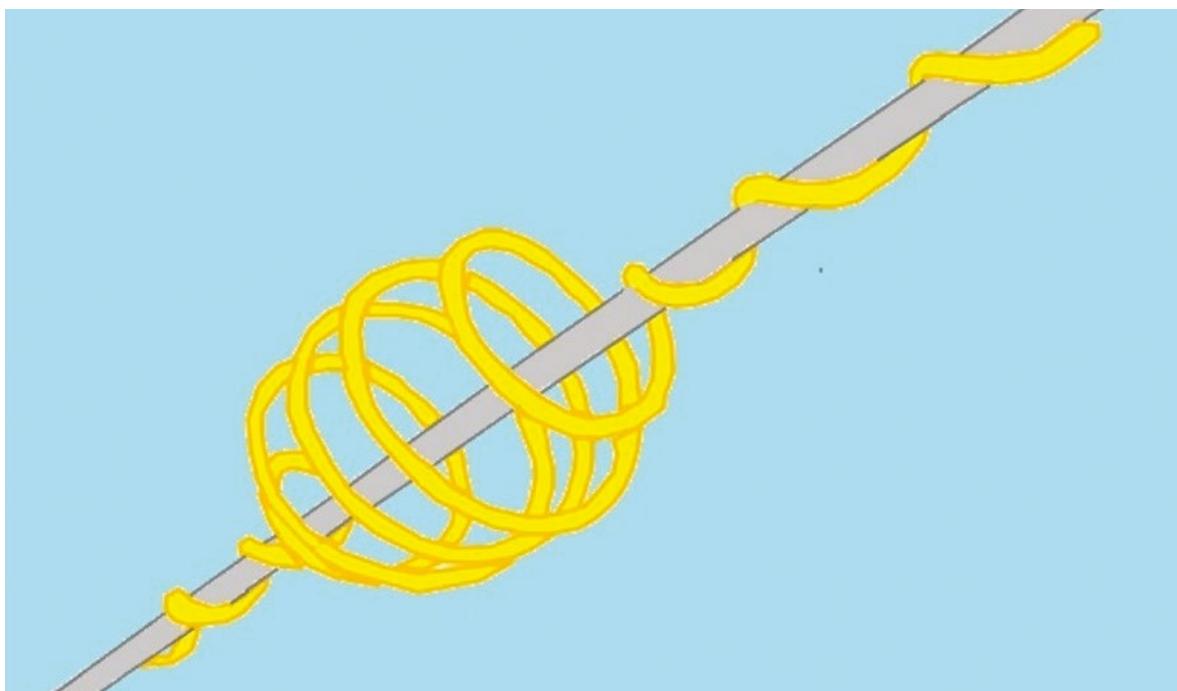


Figura 18: Cable de guardia marcado con un disuasor que aumenta su grosor por sobre y por debajo del mismo.

Fuente: Adaptado APLIC (2012) ²²⁹..

Duración de los materiales: para asegurar una mayor durabilidad de los dispositivos, se recomienda que los componentes metálicos sean de acero inoxidable. De igual manera, es aconsejable que los elementos plásticos sean de PVC de alto impacto resistentes a la luz UV ²⁴. Cabe destacar que rara vez su vida útil superará los cinco años ³¹³ por lo que se sugiere llevar a cabo revisiones y mantenciones periódicas del estado de los mismos, lo cual implica un costo económico.

Movimiento: se recomienda que los dispositivos tengan movimiento (que su fijación al cable les permita oscilar con el viento), no obstante se debe tener presente que el mecanismo de sujeción no debe moverse más de lo necesario ²⁴.

Frecuencia: suele ser definida por el fabricante. Idealmente la distancia entre disuasores que se recomienda es de 10 m (si es un único cable de guardia), y de 20 m si estos se disponen al trespabillo o alternadamente, si son dos cables de guardia paralelos ²²⁷ como se grafica en la figura 19 donde a la izquierda se observa la frecuencia de dispositivo en un solo cable, y a la derecha en dos cables paralelos. En aquellos lugares con niebla o visibilidad limitada se aconseja sopesar las distancias, disminuyéndolas a criterio ²²⁷.

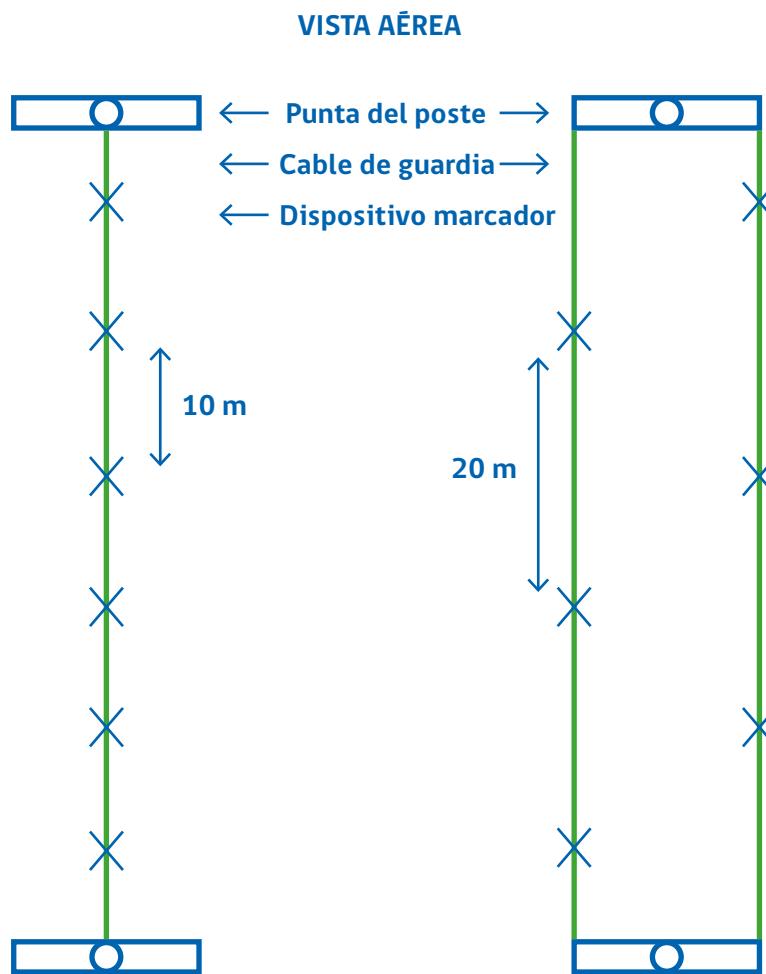


Figura 19: Frecuencia de posicionamiento de los disuasores.

Fuente: Modificado de APLIC (2012) ²²⁹.

La DGAC (Decreto 173/2004) indica que la distancia entre dos balizas tipo esfera no debe exceder los 30 m (en el caso de esferas de 60 cm de diámetro), 35 m (en caso para esferas de 80 cm de diámetro) y 40 m (para esferas de 130 cm de diámetro) ²¹². Dado que este distanciamiento es largamente superior al recomendado, el uso sólo de balizas resulta insuficiente para alertar a las aves, por lo que se recomienda su utilización en conjunto a otros disuasores (específicos para aves), los cuales deberían ser livianos, y en su conjunto permitir alcanzar la distancia recomendada para los dispositivos de disuasión de vuelo.

Las características de los distintos tipos de disuasores de vuelo se presentan en la tabla 6.

Tabla 6: Análisis de características de diversos métodos de marcaje para líneas eléctricas.

Espiral blanca de polipropileno (diámetro 30 cm y 100 cm de longitud)

Soporte: cable de tierra o conductor.

Colocación: manual.

Montaje: sin servicio (requiere interrupción del servicio).

Frecuencia: cada 5 m (un solo cable); cada 10 m al tresbolillo.

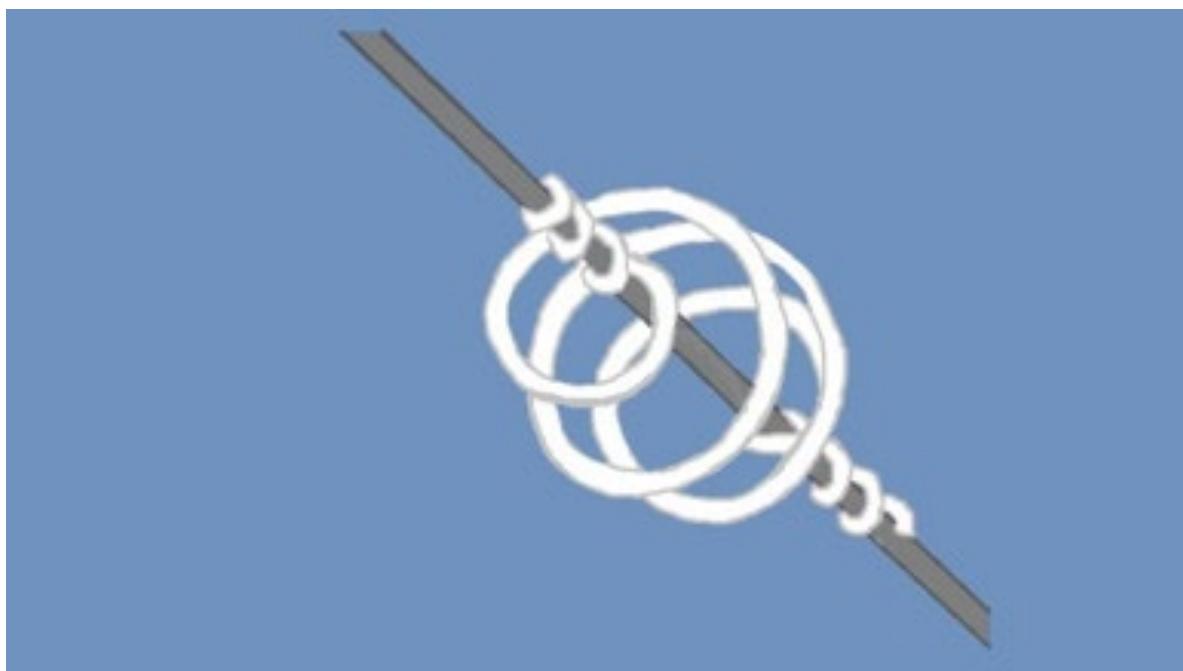
Equipo de trabajo: tres personas.

Velocidad de instalación: 0,2 km/hr.

Costo: alto.

Eficacia: buena.

Durabilidad: mayor de tres años. Superado ensayo de seis semanas en cámara climática.



Fuente de la imagen: Adaptado de APLIC (2012) ²²⁹.

Espiral naranja de polipropileno (diámetro 30 cm 100 cm de longitud)

Soporte: cable de tierra o conductor.

Colocación: manual.

Montaje: sin servicio.

Frecuencia: cada 5 m (un solo cable); Cada 10 m al tresbolillo.

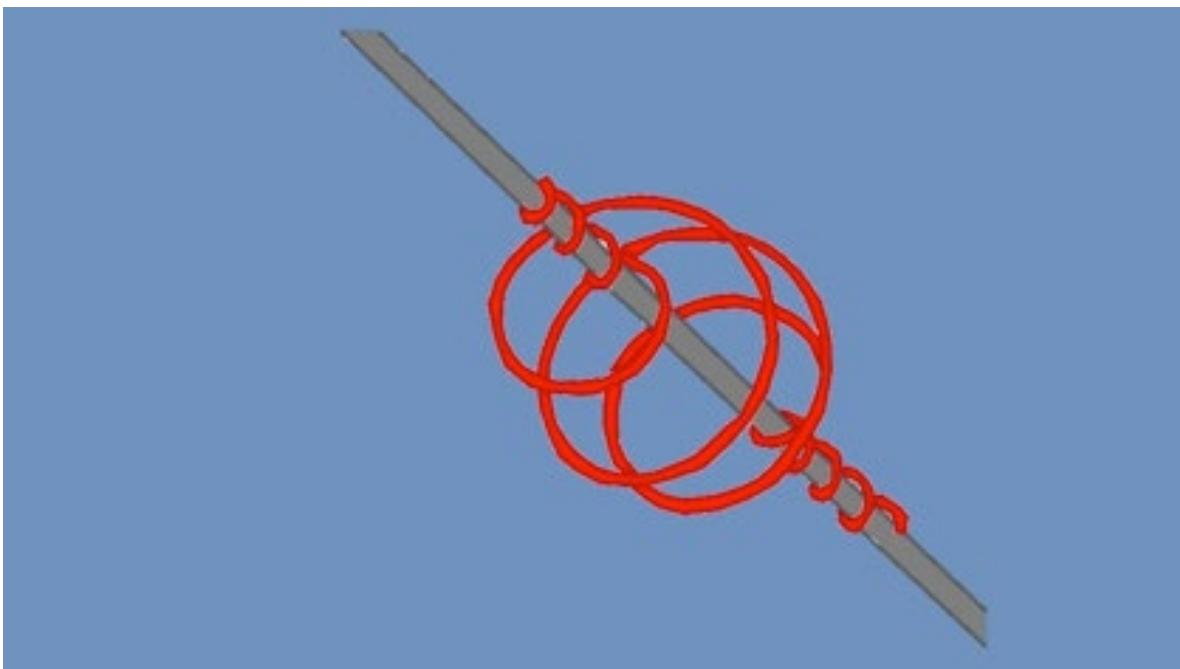
Equipo de trabajo: tres personas.

Velocidad de instalación: 0,2 km/hr.

Costo: alto.

Eficacia: buena.

Durabilidad: mayor de tres años. Superado ensayo de seis semanas en cámara climática.



Fuente de la imagen: Adaptado de APLIC (2012) ²²⁹.

Tiras en "x" de neopreno (35 cm X 5 cm) sujetas con mordaza de electrómetro con cinta luminiscente

Soporte: cable de tierra o conductor.

Colocación: robot o manualmente.

Montaje: sin servicio.

Frecuencia: cada 10 m.

Equipo de trabajo: cuatro personas.

Velocidad de instalación: 0,4 km/hr.

Costo: alto.

Eficacia: buena.

Durabilidad: mayor de tres años. Superado ensayo de seis semanas en cámara climática.



Fuente de la imagen: Elaboración propia.

Abrazaderas negras de plástico colgantes (55 cm X 5 cm)

Soporte: cable de tierra o conductor.

Colocación: manual.

Montaje: en tensión (en cable a tierra).

Frecuencia: cada 8 m.

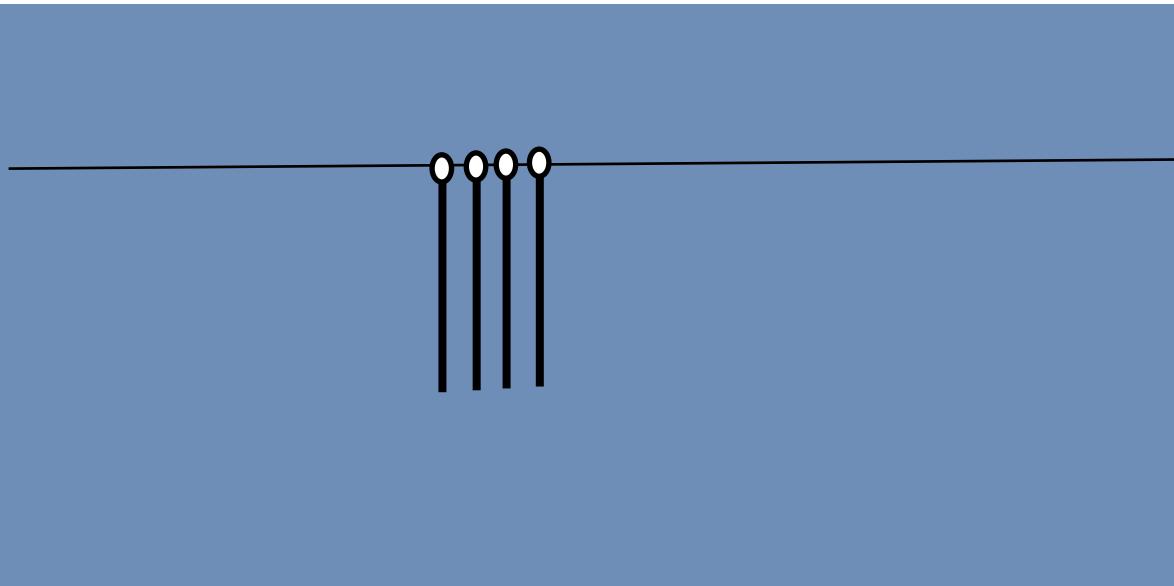
Equipo de trabajo: tres personas.

Velocidad de instalación: 0,4 km/hr.

Costo: bajo.

Eficacia: no suficientemente contrastada.

Durabilidad: mayor de tres años. Superado ensayo de seis semanas en cámara climática



Fuente de la imagen: Elaboración propia.

Abrazaderas negras de plástico colgante (70 cm X 0,8 cm)

Soporte: conductor.

Colocación: manual (grúa).

Montaje: sin servicio.

Frecuencia: cada 15 m 3 abrazaderas.

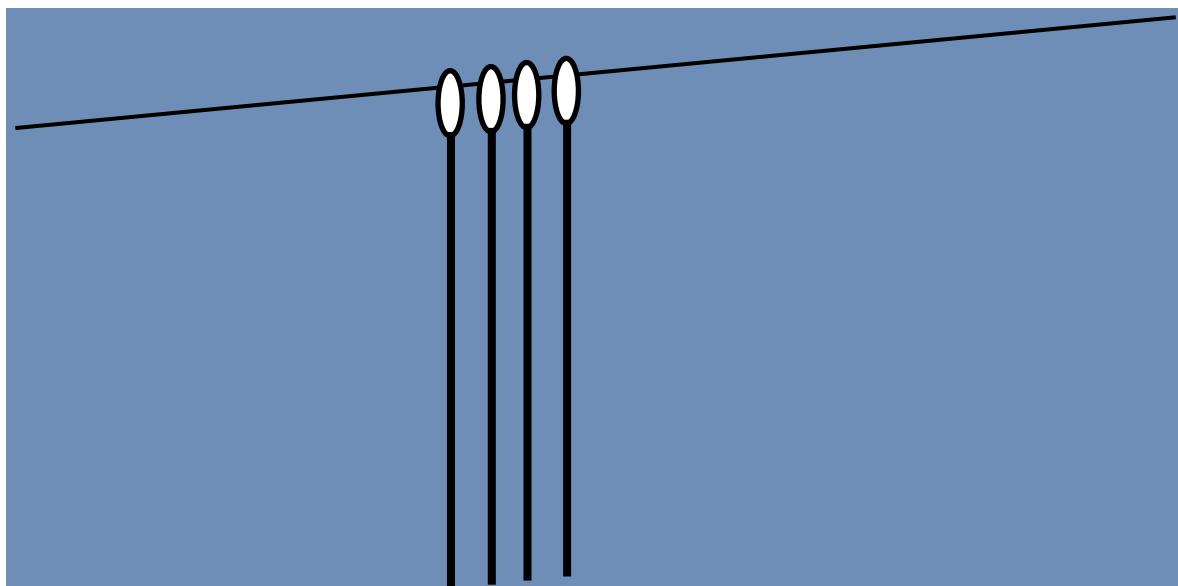
Equipo de trabajo: dos personas.

Velocidad de instalación: 0,4 km/hr.

Costo: alto.

Eficacia: mala.

Durabilidad: mayor de tres años. Superado ensayo de seis semanas en cámara climática.



Fuente de la imagen: Elaboración propia.

Bolas amarillas con banda negra vertical (diámetro 30 cm)

Soporte: cable de tierra.

Colocación: desconocida.

Montaje: sin servicio.

Frecuencia: de 75 a 100 m.

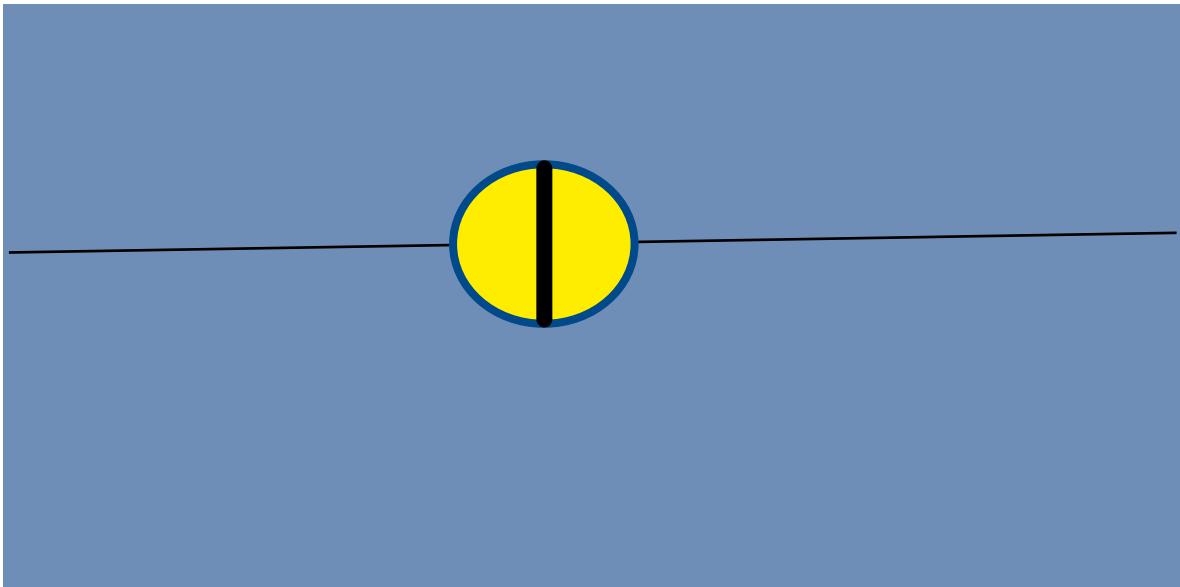
Equipo de trabajo: desconocido.

Velocidad de instalación: desconocido.

Costo: alto.

Eficacia: buena.

Durabilidad: desconocida.



Fuente de la imagen: Elaboración propia.

Fuente de la información: Modificado de C.S.I.C. Estación Biológica Doñana (1995) ⁰³.

5.2 Proyectos de parques eólicos

De acuerdo a la bibliografía considerada, el funcionamiento de los parques de generación eólica impacta tanto a aves como a murciélagos, por esta razón las medidas de mitigación que se presentan a continuación están orientadas a ambos grupos, buscando mitigar los impactos por colisión y barotrauma durante la etapa de operación del proyecto.

La principal medida de mitigación para el impacto en parques eólicos es la interrupción del funcionamiento de los aerogeneradores que provocan un alto número de colisiones. Para esto es fundamental la recolección de datos en terreno (a través de un monitoreo), que permitan identificar los aerogeneradores peligrosos en caso de existir y en qué momentos ocurren las colisiones.

Otro tipo de medidas de mitigación pueden encontrarse en “*Medidas de Mitigación de Impactos en Aves Silvestres y Murciélagos*” ³⁰⁴, ellas no fueron incluidas en esta guía dado que su eficacia no ha sido suficientemente demostrada.

La interrupción de los aerogeneradores que provocan un alto número de colisiones, es una medida que utiliza una lógica de manejo adaptativo, en la cual se recolectan datos en terreno, los cuales permiten identificar los aerogeneradores peligrosos, detenerlos y posteriormente evaluar el resultado de la medida y ajustarla de ser necesario para alcanzar el valor crítico comprometido en la DIA o EIA.

5.2.1 Impacto de colisión

Las siguientes medidas están enfocadas a prevenir la colisión de aves contra las aspas de los aerogeneradores.

5.2.1.1 Detención programada de turbinas con altos índices de colisión

La detención programada de aerogeneradores se basa en el cese del funcionamiento de las turbinas que se han identificado como principales causantes de colisiones (durante momentos específicos de tiempo) ^{16, 23, 25, 28}, en especial durante las noches en que ocurre un paso migratorio importante o con condiciones meteorológicas adversas ^{16, 23, 28}, o en lugares reconocidos como cuellos de botella para migraciones, tales como pasos de montaña y área de concentración o reproducción de aves como humedales ^{25, 26, 27, 204}.

La eficacia de esta medida se da cuando se conocen las fechas de paso de ciertas aves migratorias, durante condiciones meteorológicas adversas, o cuando hay aerogeneradores particularmente conflictivos ¹⁶, logrando evitar muertes de aves.

Un requerimiento fundamental para la efectividad de esta medida es que el parque eólico no se encuentre emplazado en sitios con altas densidades de aves residentes ⁰⁴.

Una forma de implementar la medida es por medio de la observación directa, por parte de personal de terreno entrenado que se encargará de determinar y avisar la necesidad de detener un aerogenerador en particular, cuando el peligro ha sido detectado ²⁴⁶; no obstante esta medida sería mayormente aplicable para aves de gran tamaño o bandadas, por ser estas potencialmente identificables por un observador en terreno, y su uso se verá limitado en situaciones de baja visibilidad (como neblina o lluvia).

Otra manera de implementar la detención programada de turbinas es en base a los resultados de monitoreo, donde se entrega información acerca de las turbinas en las cuales se producen la mayor cantidad de colisiones y las situaciones o circunstancias en que éstas ocurren. Para ello resulta fundamental contar con una metodología de seguimiento rigurosa, que permita identificar acuciosamente el momento adecuado para aplicar la medida. Una vez aplicada en el parque eólico, se sugiere llevar a cabo una evaluación del éxito de la misma, para luego ajustar los períodos de detención y las turbinas involucradas ¹⁶.

5.2.1.2 Luces de navegación

La DGAC exige a cualquier estructura mayor o igual a 45 m de altura utilizar luces de navegación (Decreto 173/2004) ²¹². Estas luces son un factor atrayente para las aves, en especial en períodos de baja visibilidad, ya que su iluminación les permite identificar lugares de detención a la espera de mejores condiciones climáticas ^{15, 16, 24, 27, 42, 217}. Cabe destacar que en murciélagos no existe evidencia de que las luces sean un factor de atracción, o tengan influencia en la manifestación de colisiones ^{09, 32, 206}.

De acuerdo con la literatura internacional, los factores más importantes en la atracción de las aves a la luz son la intensidad y frecuencia con que ésta se emite, más que el color, el que generalmente es rojo o blanco; indicándose que cuanto más largo es el período de oscuridad entre destellos de luz, las aves serían menos propensas a sentirse atraídas o desorientadas, y el mayor riesgo se encuentra en las luces continuas ^{16, 25, 40, 43, 217}.

A nivel nacional, la DGAC permite el uso de tres tipos de luces para las estructuras de estas características, de tipo A, B y C.

Luces tipo A: son blancas, de mediana intensidad, con destellos simultáneos.

Luces tipo B: son rojas, mediana intensidad, con destellos simultáneos (solas o en combinación con luces de baja intensidad).

Luces tipo C: son rojas, fijas de mediana intensidad ²¹².

En base a las alternativas disponibles, se sugiere el uso de luces tipo A y B (siempre que no sean usadas con luces de baja intensidad, dado que estas son de tipo continuo), las cuales resultarían menos atractivas y por ende, menos peligrosas para aves. No se recomienda el uso de luces tipo C.

Finalmente, sobre la iluminación del parque eólico se recomienda que las luces de navegación se ubiquen en las góndolas de la turbina, evitando la iluminación a nivel del suelo. Además, se propone iluminar solo las turbinas de los extremos, delimitando la forma del parque, disparar las luces de manera sincronizada y que el resto de la iluminación se active por medio de sensores de manera de reducir al mínimo la contaminación lumínica del área ²¹⁷.

5.2.1.3 Remoción de carcassas

La remoción de carcassas se recomienda como una forma de mitigar el impacto de colisión. Debido a que los cadáveres de animales son un factor de atracción para las aves carroñeras, al retirarlos del área del parque se evita la atracción artificial de individuos susceptibles a colisión. En este sentido, es ideal la exclusión total del ganado del interior del parque, sin embargo de no ser esto posible se recomienda la pronta detección y remoción de carcassas provenientes tanto del ganado doméstico, como de animales atropellados o colisionados ²⁵.

Esta medida evita la concentración de aves carroñeras, disminuyendo así su posibilidad de colisión con los aerogeneradores. Se sugiere capacitar al personal de operación del parque eólico en relación al procedimiento a seguir una vez encontrada una carcasa.

5.2.2 Impacto de colisión barotrauma

Las siguientes medidas están enfocadas en prevenir los impactos de colisión y barotrauma producidos por las aspas de los aerogeneradores en murciélagos.

5.2.2.1 Aumento de la velocidad de arranque

El aumento de la velocidad de arranque es una medida de mitigación enfocada en impedir los impactos de colisión y barotrauma sobre el grupo de los quirópteros. La medida se basa en evitar el funcionamiento de los aerogeneradores problemáticos (que presentan mayor mortalidad) durante el periodo de mayor actividad de los murciélagos (es decir a velocidades de viento bajo los 6 m/s).

La velocidad del viento tiene una fuerte influencia en el grado de actividad que manifiestan los murciélagos. A velocidades de viento por debajo los 6 m/s aumentan su presencia y actividad, mientras que por sobre este umbral esta disminuye ²¹⁴. En la figura 20 se muestra en azul (línea sólida) la curva típica de una turbina de 2000 kW, y en verde (línea punteada) la curva de actividad de los murciélagos según la velocidad del viento; además se exemplifica cómo se evitarían colisiones al aumentar la velocidad de arranque de 3,5-4 m/s a 6 m/s.

La mayoría de los aerogeneradores de gran tamaño comienzan a funcionar a velocidades de viento entre 3,5 - 4 m/s, rango que se superpone con las velocidades en las cuales los murciélagos poseen mayor actividad. Si dicho umbral es aumentado a 6 m/s en aquellos aerogeneradores que han demostrado ser peligrosos, se evitaría dicho traslape, disminuyéndose de manera significativa las colisiones ^{01, 04, 05, 14, 16, 18, 19, 25, 43, 214, 225}.

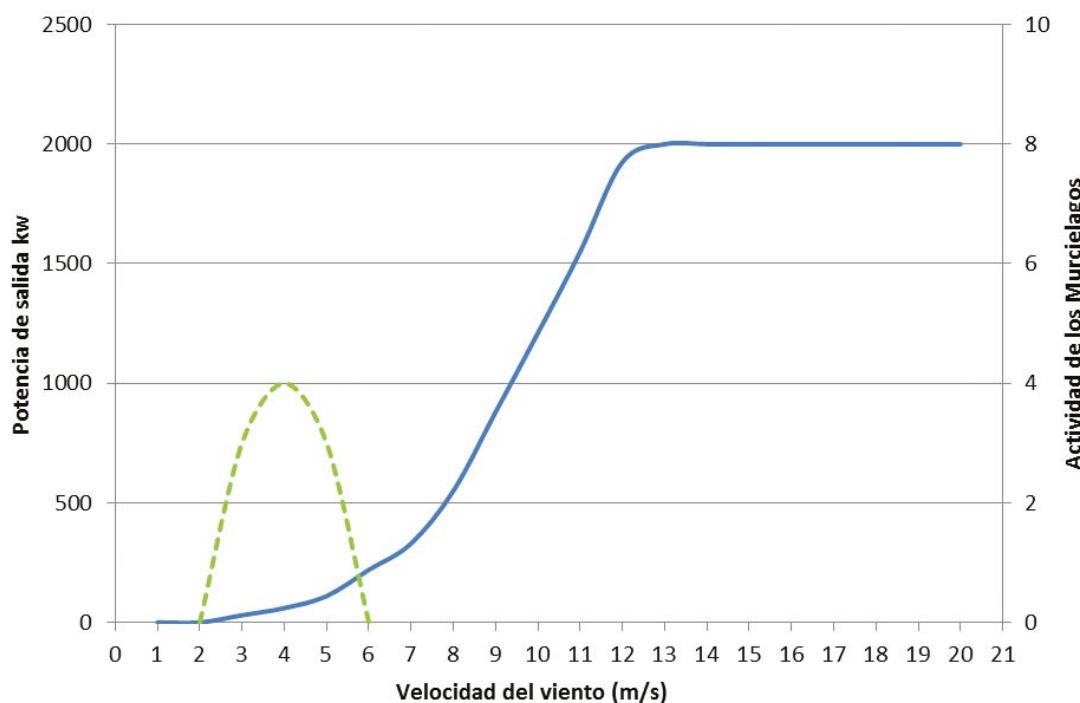


Figura 20: Curvas de producción de una turbina de 2000 kW (en línea azul sólida) y actividad de los murciélagos (en línea verde punteada).

Fuente: Elaboración propia.

Para aplicar esta medida se requiere de un monitoreo que entregue información detallada acerca de los momentos de mayor actividad de los murciélagos, en caso de existir en la zona del parque eólico, así como también la identificación de los aerogeneradores que concentran las mortalidades.

Disponiendo de esta información, la medida podría implementarse en un aerogenerador, varios o en todo el parque. Se aconseja que una vez implementada la acción se evalúe su efectividad, de manera de acotar su uso lo más posible, y así disminuir tanto las mortalidades de quirópteros como la disminución de producción de energía. Además, se deberían considerar estas situaciones en la programación operativa de los parques.



6

PLAN DE SEGUIMIENTO



6. PLAN DE SEGUIMIENTO

Para efectos del SEIA, el plan de seguimiento de las variables ambientales tiene por finalidad asegurar que las variables más relevantes y que fueron objeto de evaluación ambiental, evolucionan según lo proyectado ³⁰⁸. No obstante, un plan de seguimiento también debe contribuir al cumplimiento de los siguientes objetivos:

- Evaluar la eficacia de las medidas de mitigación.
- Determinar los impactos reales ocasionados por un proyecto.
- Comprender los factores estructurales temporales y espaciales implicados en la ocurrencia de los impactos.
- Evaluar la precisión de la mortalidad estimada previamente.
- Pesquisar la ocurrencia de impactos no previstos.

El plan de seguimiento permite una retroalimentación de las medidas de mitigación, al permitir su evaluación y adaptación a las condiciones locales. Además, la información de la experiencia recopilada actúa como base para la mejora de futuros proyectos.

El plan de seguimiento debería especificar y fundamentar lo siguiente:

- Definición de los indicadores de éxito.
- El valor o meta de los indicadores de éxito que permitan determinar el cumplimiento de la medida ambiental asociada al componente fauna silvestre (definido por un número de ejemplares impactados).

El seguimiento debería incluir al menos:

- Diseño y método de muestreo, tanto para evaluar los impactos como para estimar la remoción de carcasas del lugar (se deben considerar los factores de corrección).
- Intensidad del muestreo.
- Frecuencia del monitoreo (mensual, estacional, anual) y el número de campañas consideradas.
- Duración del plan de seguimiento.

- Plazo y frecuencia de entrega de los informes de seguimiento a la autoridad ambiental.
- Los informes deberían incluir la sistematización de la información señalada en una ficha o cuadro, y entregar un respaldo cartográfico georreferenciado.
- Eventualmente se deberían incluir informes acumulativos o históricos que incluyan los datos en bruto y su análisis.

6.1 Evaluación de mortalidad mediante búsqueda de carcasas

La búsqueda de carcasas es el principal método utilizado para evaluar la mortalidad derivada de los impactos producidos por tendidos eléctricos y parques de generación eólica; consiste en la recolección periódica, mediante recorridos pedestres, de ejemplares impactados por las estructuras de un proyecto ^{16, 21, 25}.

El método asume que las carcasas encontradas representan una porción mínima de los ejemplares realmente impactados ^{21, 25} dada la interacción de una serie de factores, entre los que destacan:

- Frecuencia e intensidad de búsqueda.
- Remoción de carcasas por carroñeros.
- Eficiencia de búsqueda de los investigadores.

En consecuencia, el método debería considerar la corrección de los datos en función de los sesgos identificados ^{10, 15, 21, 23, 25}, de otra forma la magnitud real del impacto sería subestimada ^{10, 12, 15, 21, 23, 25, 217}.

6.1.1 Consideraciones de diseño

El diseño del muestreo debe representar, a través de su cobertura, la variación espacial y temporal del área de estudio. Por ejemplo, un aerogenerador puede presentar distinta tasa de mortalidad a lo largo del año, y a la vez dos aerogeneradores de un mismo parque pueden presentar distinta tasa de accidentalidad ²⁴³.

Cobertura espacial

- Durante los primeros tres años de seguimiento se recomienda cubrir la totalidad del área del proyecto (todo el trazado, todas las estructuras), con el fin de identificar sectores o estructuras problemáticas en las cuales se concentrará el esfuerzo a partir del cuarto año ¹⁶.
- A partir del cuarto año, la cobertura podría ser reducida concentrándose en las zonas y/o estructuras donde se hubiesen detectado efectos en forma recurrente ^{16, 25}.

Cobertura temporal

- La duración inicial recomendada es de 3 años como mínimo, con el fin de representar la variabilidad inter-anual existente en la mortalidad de aves y murciélagos ¹⁶.
- Con posterioridad a los 3 años, se recomienda determinar estructuras, fechas u otras condiciones en las cuales sea pertinente continuar con el monitoreo ²⁵.
- La recolección de datos debe realizarse durante las cuatro estaciones del año, de manera de representar la presencia estacional de especies migratorias, especies pertenecientes a aquellos grupos descritos como con alta probabilidad de sufrir impactos, y especies catalogadas como raras o de baja densidad poblacional.
- Se recomienda realizar la de búsqueda de carcasas tan frecuentemente como sea posible; una búsqueda diaria o cada 2-3 días. Sin embargo, para caracterizar la variación de la mortalidad intra-anual, un muestreo mensual es suficiente; cabe destacar que el número de días de este muestreo dependerá de la cantidad de observadores que se destinen a dicha tarea ¹⁶.
- La frecuencia de búsqueda debe adaptarse en función de los resultados de los experimentos de remoción de carcasas.

Por otra parte, los monitoreos deberían ser liderados por profesionales del área, los cuales deben contar con los materiales y equipos adecuados, así como con los permisos pertinentes, como por ejemplo, permisos de captura de especies protegidas para monitoreos que impliquen captura de ejemplares.

6.1.2 Proyectos de transmisión eléctrica

La búsqueda de carcassas como parte del seguimiento de líneas eléctricas debe realizarse considerando que la ocurrencia de electrocución y colisión se manifiesta en distintos tramos de los tendidos, por lo que el esfuerzo de muestreo debe concentrarse en las áreas correspondientes al impacto evaluado.

Con el fin de evaluar colisión y electrocución en forma conjunta, se recomienda recorrer el tendido eléctrico como lo muestra la figura 21, en que dos investigadores avanzan a velocidad constante en forma de zigzag, interceptando cada uno de los postes de manera alternada. La distancia mínima sugerida a abarcar a cada lado del eje del tendido, es de 40-50 m^{06,24,30}. Durante cada trayecto entre postes, los observadores pesquisarán la presencia de carcassas de individuos colisionados, mientras que al llegar al poste siguiente buscarán individuos electrocutados. Si bien este escenario es el habitual, los investigadores debieran indagar en la causa de muerte de cada ejemplar, siguiendo para ello las recomendaciones presentadas en la tabla 8.

Colectar datos durante el mismo período de tiempo, en lugares con vegetación y topografía equivalente y en situaciones con y sin medidas de mitigación, permitirá que estos sean comparados, posibilitando llegar a conclusiones relevantes²⁹.

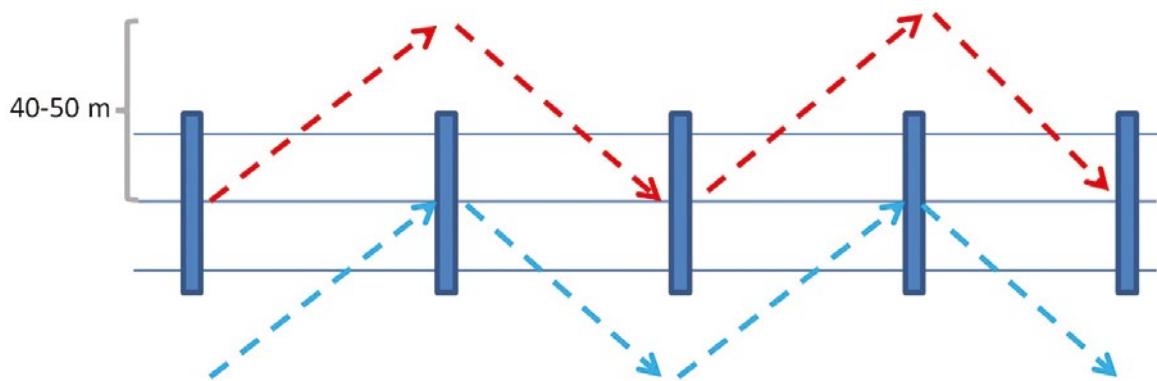


Figura 21: Diseño de muestreo líneas de transmisión.

Fuente: Adaptado de Atienza, J.C. et al (2009)¹⁶

6.1.3 Proyectos eólicos

La búsqueda de carcasas como parte del seguimiento de proyectos eólicos se realiza mediante transectos circulares al pie de los aerogeneradores, para lo cual se puede utilizar una cuerda atada a la base del aerogenerador, que actúa como eje. Se recomienda que el largo de la cuerda sea el doble del largo de las aspas de los aerogeneradores y que los investigadores se dispongan cada 6 m, a lo largo del eje de la cuerda¹⁶. Cada observador debe realizar una búsqueda, a velocidad constante, observando hacia ambos lados de su eje de progresión (figura 22).

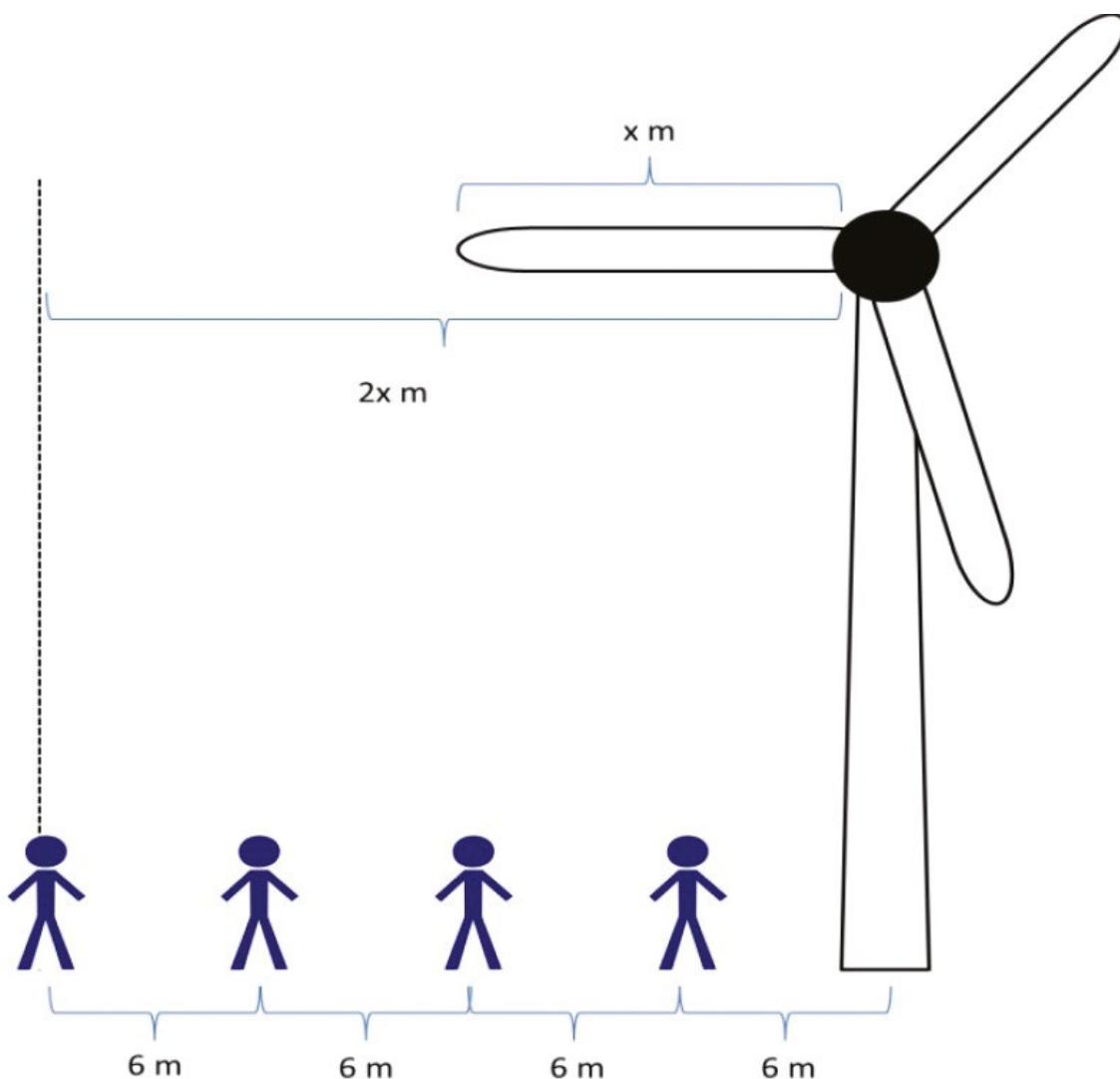


Figura 22: Diseño de rastreo de carcasas en parques eólicos.

Fuente: González, G. (2014)³⁰⁴.

6.1.4 Registro de información

Se recomienda que los resultados de la búsqueda de carcasas sean registrados en una ficha de reporte como la que se propone a continuación.

El encargado del seguimiento debería ser capaz de identificar diversas variables, como son especie, edad del individuo accidentado, momento aproximado de muerte, etc. Esta información debe ser recabada y sistematizada para su posterior análisis.

Es importante que la información registrada en cada colisión sea exhaustiva, con el fin de permitir a los investigadores identificar los factores que influyen en la mortalidad de las aves. La tabla 7 presenta la información más relevante a registrar.

En el caso de líneas eléctricas, corresponde identificar la causa de muerte del ejemplar (colisión o electrocución); las nociones básicas sobre ambos tipos de lesiones se presentan en la tabla 8.

Tabla 7: Registro de carcasas encontradas

Ficha de reporte de accidente		
Nombre del proyecto		
Región- Provincia- Comuna y/o localidad		
Fecha de la observación (día/mes/año)		
Nombre y contacto del observador		
Infraestructura responsable del impacto	Aerogenerador	
	Línea eléctrica	
	Torre meteorológica	
	Otra (indicar)	
UTM y sistema de proyección		
Localizado durante la prospección	Si	No
Nombre científico de la especie		
Sexo del individuo accidentado		
Edad del individuo accidentado	Cría	
	Juvenil/subadulto	
	Adulto	
	Indeterminado	
Momento aproximado de la muerte	Un día	
	Una semana	
	Un mes	
	Otro (indicar)	
Estado del cadáver	Reciente	
	Descompuesto	
	Huesos y restos	
	Depredado	
Descripción general del hábitat en un radio de 50 m		
Fotografía del ejemplar		
Observaciones	<p>Indicar la posición del cadáver respecto de la estructura más cercana (la parte superior del gráfico representa el norte).</p>	

Fuente: Modificado de Atienza, J.C. et al (2009)¹⁶.

Tabla 8: Lesiones primarias y secundarias típicas de electrocuciones y colisiones

Lesión	Electrocución	Colisión
Predominación de fractura de huesos	Fractura vertebral con paraplejia, fractura de cráneo, fractura de la pelvis.	Fractura de los huesos de las extremidades: alas, piernas, y huesos del hombro; fractura de vértebras, cráneo; extremidades arrancadas.
Daño al plumaje	Marcas de quemaduras: pequeñas, en forma de agujero, bien definidas; en caso de descarga en el arco se observarán grandes áreas de plumaje quemado.	Daño mecánico, como si hubiese sido arrancado o se hubieran quebrado las plumas; en casos raros se puede observar plumaje quemado por pequeños cortocircuitos.
Daño a la piel	Marcas de quemaduras: principalmente pequeñas partes chamuscadas que fueron el punto de ingreso y salida de la corriente. Si el ave sobrevive sin tratamiento, el área se necrosará.	Piel abierta y desgarrada, músculos, tendones y tejido óseo expuestos; sin tratamiento inmediato se desarrollarán infecciones y necrosis.
Daño secundario a las extremidades	Amplias áreas necróticas en las extremidades afectadas por el flujo de corriente.	Áreas limitadas de necrosis, con heridas abiertas, tendones, músculos y huesos expuestos. Infección bacteriana.
Condición general de las aves heridas	Inicialmente estado de shock, después se producirá daño irreversible por las extremidades perdidas.	Estado de shock, invalidez por las extremidades dañadas o daño secundario.

Fuente: Modificado de Haas, D. et al (2003)³³.

6.1.5 Eficiencia de búsqueda y remoción por carroñeros

Las dos principales fuentes de error para la estimación de la mortalidad real de un proyecto son:

- No corregir en función de las carcasas no detectadas, debido a la remoción por carroñeros o descomposición.
- No corregir por la eficiencia de búsqueda de los investigadores que participan en la búsqueda [10, 15, 21, 23, 25](#).
- No corregir en virtud de la superficie efectiva de muestreo.

Estos valores varían en función del tipo de ambiente y otras condiciones particulares de cada proyecto, como color y tamaño de las especies presentes, estación del año, cobertura vegetal y relieve del sitio. Por este motivo, es fundamental estimar valores singulares en cada caso, previo a realizar el seguimiento, para lo cual se recomiendan los siguientes métodos:

Determinación de la eficiencia de búsqueda de cada investigador: con este objetivo se utilizan carcasas conocidas y georreferenciadas dentro del área de búsqueda, las cuales deben ser representativas de las especies presentes en el lugar (tamaño, color). Las carcasas deben distribuirse de manera aleatoria dentro del área, para luego contabilizar qué porcentaje de ellas encontró cada investigador. Los ejercicios de búsqueda de carcasas deben realizarse estacionalmente, bajo un porcentaje representativo de los aerogeneradores en parques eólicos y de la longitud total de las líneas eléctricas. De la misma manera, deben realizarse estos experimentos en sitios con diferente composición vegetal [15, 16, 25](#).

Determinación de la remoción de carcasas por depredadores y carroñeros: se deben utilizar carcasas conocidas y representativas de las especies presentes en el lugar. Las carcasas son dispuestas de manera aleatoria bajo los aerogeneradores y líneas de transmisión; son georreferenciadas para ser luego revisadas en forma regular con el objetivo de estimar el número de días que estas demoran en ser removidas [25, 29](#).

Para ambos casos, las carcasas utilizadas en estos experimentos pueden corresponder a individuos previamente colectados dentro del área del proyecto, así como también a carcasas pertenecientes a especies exóticas adquiribles en el mercado.

6.1.6 Metodología para estimar mortalidad real de aves y murciélagos

Como se señaló anteriormente, la búsqueda de carcasas se fundamenta en que los eventos registrados representan una pequeña fracción de los eventos reales, razón por la cual la corrección de la información bruta es fundamental, pues de lo contrario la información se encontrará subestimada.

A nivel internacional se han realizado numerosos esfuerzos para establecer y mejorar las metodologías que permiten estimar el número de colisiones reales de aves y murciélagos ²⁴⁴. En general los estimadores de mortalidad toman en cuenta los siguientes parámetros:

- Cobertura o área del estudio.
- Remoción de carcasas por predadores o descomposición.
- Capacidad de detección de carcasas por los investigadores.

Cabe destacar que no existe un estimador universal que sea aplicable a todos los proyectos. A continuación se discuten y sintetizan aspectos relativos a la implementación de siete estimadores comúnmente utilizados (tabla 9). Los mayormente utilizados incluyen: Erickson et al. ²³⁷, Shoenfeld), Kerns et al. ²³⁹ y Jain et al. ²⁴⁰; a los cuales se adicionan dos nuevos estimadores propuestos por Huso ²⁴¹ y Korner-Nievergelt et al. ²⁴². Estudios de simulación evidencian que estos estimadores son capaces de proveer mejores valores bajo situaciones específicas. No obstante, dada su complejidad, no han sido completamente adoptados en estudios de monitoreo.

Los principios subyacentes a la estimación de mortalidad real son los mismos en parques eólicos y líneas de transmisión. Sin embargo, para efectos prácticos, la siguiente explicación considera el caso de un parque eólico.

En general, las búsquedas de carcasas se realizan en un radio entre 40 y 120 m alrededor de los aerogeneradores; no obstante se ha demostrado que los individuos colisionados por las aspas pueden ser lanzados más allá de estos límites (figura 23), lo cual deriva en una subestimación del número real de individuos colisionados. Otro problema surge cuando en parques eólicos de gran tamaño, se realizan muestreos de sólo cierto porcentaje de los aerogeneradores y luego se estima el número de carcasas para la totalidad del parque.



Figura 23: Subestimación de impactos de colisión ocurre cuando el área de búsqueda de carcassas es menor que el área real en la cual es posible encontrarlas. Esta distancia dependerá del tamaño y potencia de los aerogeneradores.

Fuente: González, G. (2014)³⁰⁴.

Los estimadores descritos en la tabla 9 son utilizados para calcular el tamaño poblacional de animales afectados por colisión con turbinas eólicas (M), en un área, durante un tiempo determinado. En la tabla 10 se muestran las fórmulas utilizadas para estimar M de acuerdo a cada uno de los modelos recopilados en “*Estimating bird and bat fatality at wind farms: a practical overview of estimators, their assumptions and limitations*”²⁴⁴ y se explican los parámetros utilizados por cada uno de ellos.

Tabla 9: Estimadores del tamaño poblacional de animales afectados por colisión.

Potenciales fuentes de error				
Estimador	Área de búsqueda	Intervalo de muestreo	Remoción de carcasas	Probabilidad de detección
Erickson et al. (2000) (Eq 1/3)	Ajuste basado en la proporción de turbinas estudiadas.	Sin requerimientos.	Ajuste basado en el tiempo de persistencia media (en días). Asume que el tiempo de remoción sigue una distribución exponencial.	Ajuste basado en la proporción de carcasas detectadas por los investigadores. Las carcasas no detectadas en la primera búsqueda pueden ser detectadas en la búsqueda siguiente.
Schoenfeld (2004) (Eq 4/5)	Ajuste basado en la proporción de turbinas estudiadas.	Eq 4: El número de muestreos asume una distribución de Poisson, con una tasa $1/\lambda$ (con $\lambda =$ tiempo medio entre muestreos). Eq 5: Implica intervalos de muestreo regulares.	Ajuste basado en el tiempo de persistencia media (en días). Asume que el tiempo de remoción sigue una distribución de Poisson con una tasa $1/t$ (Eq 4) o una distribución exponencial (Eq 5).	Ajuste basado en la proporción de carcasas detectadas por los investigadores. Las carcasas no detectadas en la primera búsqueda pueden ser detectadas en la búsqueda siguiente.
Kerns et al. (2005) (Eq 6/7)	Ajuste basado en el área no estudiada (Eq 7).	Implica intervalos de muestreo regulares.	La probabilidad de persistencia de las carcasas está dada por la función de supervivencia representada por $ST(t)=1-P[T \leq t]$.	Probabilidad de detección estimada por análisis de distancia de muestreo. Asume una detectabilidad constante de carcasas en el tiempo.
Jain et al. (2007) (Eq 8)	Ajuste basado en la proporción de turbinas estudiadas.	Sin requerimientos.	Ajuste basado en la proporción de carcasas que persisten luego de $1/2$ intervalo de muestreo.	Ajuste basado en la proporción de carcasas detectadas por los investigadores. Se asume que la probabilidad de observar carcasas omitidas durante un primer muestreo es cero en muestreos consecutivos.
Pollock (2007) (Eq 8/9)	No se considera en la fórmula original.	Implica intervalos de muestreo regulares.	Ajuste basado en la proporción de carcasas que persisten (Eq 10).	Ajuste basado en la proporción de carcasas detectadas por los investigadores. Se asume que la probabilidad de observar carcasas omitidas durante un primer muestreo es cero en muestreos consecutivos.
Huso (2010) (Eq 10)	Ajuste basado en la proporción de animales que mueren fuera del área de muestreo y la probabilidad de incluir aquella área de muestreo en la muestra de turbinas estudiadas.	Considera el "intervalo de búsqueda efectivo" (v) basado en i (periodo de tiempo hasta que la probabilidad de persistencia sea $\leq 1\%$).	Ajuste basado en el tiempo de persistencia media (en días). Asume que el tiempo de remoción sigue una distribución exponencial.	Ajuste basado en la proporción de carcasas detectadas por los investigadores. Se asume que la probabilidad de observar carcasas omitidas durante un primer muestreo es cero en muestreos consecutivos.
Korner-Nievergelt (2011) (Eq 11/12)	No se considera en la fórmula original.	Implica intervalos de muestreo regulares.	Ajuste basado en la probabilidad de persistencia diaria. Se asume una tasa de remoción de carcasas constante en el tiempo.	Ajuste basado en la proporción de carcasas detectadas por los investigadores. Las carcasas no detectadas en la primera búsqueda pueden ser detectadas en la búsqueda siguiente. La detectabilidad puede ser constante (Eq 11) o decreciente (Eq 12).

(Eq = ecuación)

Fuente: Modificado de Haas, D. et al (2003) ³³.

Tabla 10: Estimadores para el tamaño poblacional de animales afectados por colisión con turbinas eólicas (M) según diferentes autores. Las fórmulas y parámetros se encuentran homogeneizados segú Bernardo, J. et al (2013) ²⁴⁴.

Autor	Ecuación	Estimador del tamaño poblacional de animales afectados por colisión con turbinas eólicas (M)
Erickson et al. (2000)	1	$\widehat{M} = \frac{niC}{n'tp}$
Erickson et al. (2000)	3	$\widehat{M} = \frac{n(tp + i)C}{n'(tp)}$
Shoenfeld (2004)	4	$\widehat{M} = \frac{niC}{n'(tp) \left[\frac{e^{(i/t)} - 1}{e^{(i/t)} - 1 + p} \right]}$
Shoenfeld (2004)	5	$\widehat{M} = \frac{n}{n'} A \frac{C}{\frac{1}{3} \{ p \sum_{t=1}^7 S_T(t) + p(1-p) \sum_{t=8}^{14} S_T(t) + p(1-p)^2 \sum_{t=15}^{21} S_T(t) \}}$
Kerns et al. (2005)	6	$A = \frac{\sum_{y=1}^{y'} \frac{C_y}{p_y b_y}}{\sum_{y=1}^{y'} \frac{C_y}{p_y}}$
Kerns et al. (2005)	7	$A = \frac{\sum_{y=1}^{y'} \frac{C_y}{p_y b_y}}{\sum_{y=1}^{y'} \frac{C_y}{p_y}}$
Jain et al. (2007)	8	$\widehat{M} = \frac{C}{\frac{n'}{n} pp_r}$
Pollock (2007)	9	$p_r = \frac{\sum_{j=0}^w Z_j}{\sum_{j=0}^{w-1} Z_j}$
Huso (2010)	10	$\widehat{M} = \frac{1}{\pi} \frac{C}{p \left[\frac{\bar{t}(1e^{-i/t})}{d} \right] v}$
Korner-Nievergelt et al. (2011)	11	$\widehat{M} = \frac{C}{p \left(p_d \frac{1 - p_d^i}{1 - p_d} \right) \left(\sum_{u=0}^{s-1} (s-u)[(1-p)p_d^i]^u \right) s_i}$
Korner-Nievergelt et al. (2011)	12	$\widehat{M} = \frac{C}{pB + \sum_{x=1}^s pB[1 + kp_d^i(1-p) + \sum_{v=1}^{x-1} (k^{x-v} p_d^{(x-v)i} \prod_{u=0}^{x-v-1} (1-pk^u))]} s_i$

Fuente: Modificado de Bernardo, J. et al (2013) ²⁴⁴

Parámetros utilizados en las ecuaciones

n = Número total de turbinas.

i = Intervalo entre búsquedas.

C = Número total de carcassas encontradas.

n' = Número de turbinas estudiadas.

t = Tiempo medio de remoción de carcassas.

p = Probabilidad promedio de que una carcasa sea encontrada por un investigador.

t̄ = Tiempo medio de remoción de carcassas.

z = Número total de carcassas dispuestas en un experimento.

z' = Número de carcassas que persisten luego del experimento.

t_l = Tiempo de remoción de carcassas l(l = 1,2,...,z).

A = Ajuste para incluir el área no investigada en el sitio.

C_y = Número de carcassas encontradas en la y-esima banda de 10m desde la turbina.

py = Probabilidad de detección estimada en la y-esima banda de 10m desde la turbina.

by = Proporción de y-esimas bandas de 10m muestreadas en todas las turbinas.

y' = Número total de bandas de 10m dentro de cada área de búsqueda.

pr = Probabilidad de persistencia de las carcassas.

π = Producto entre la proporción de carcassas que se encuentra contenida en el área de búsqueda y la probabilidad de incluir aquella área en la muestra.

d = min i, l̄), , donde l̄ representa el período de tiempo bajo el cual la probabilidad de persistencia de una carcasa es ≤ 1%.

p_d = Tasa de persistencia diaria (probabilidad de que una carcasa no sea removida durante 24hrs).

u = 0,...,s-1 donde s es el número de búsquedas realizadas en un intervalo de i días.

B= $P_d \frac{1-P_d^i}{1 - P_d}$ es la proporción de carcassas que se espera que persistan luego de un intervalo de tiempo de i días, dado que una proporción pd de animales persiste diariamente, y k es el factor con el que la probabilidad de detección de los buscadores decrece con cada evento de colisión.



NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE

7. NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE

- Ley N°18.755, de 1989, y sus modificaciones, Orgánica del SAG.
- Ley N°19.300, de 1994, modificada por la Ley N°20.417 de 2010, Ley General de Bases del Medio Ambiente.
- Ley N°4.601, del año 1929, sobre caza, cuyo texto fue sustituido por la Ley N°19.473, de 1996 (D.O. 27.09.96).
- Decreto Supremo N°5, de 1998 (D.O. 07.12.98), y sus modificaciones, del Ministerio de Agricultura, Reglamento de la Ley de Caza. Establece el listado de clasificación de especies de fauna nativa en categoría de conservación, y permisos sectoriales en los artículos, entre otras disposiciones.
- Decreto Supremo N°40, de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente, que aprueba el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Decreto Supremo N°29, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente. Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación y los decretos que oficializan los procesos de clasificación.



ANEXOS



ANEXO 1: Glosario

A

ACCIPITRIDAE. Esta familia corresponde a águilas, aguiluchos, gavilanes y buitres del viejo mundo. Poseen un amplio rango de tamaño con cuerpos robustos y compactos. Las especies cazadoras poseen grandes garras, mientras éstas se encuentran menos desarrolladas en los buitres ³⁰⁹.

AEROGENERADOR. Aeroturbina en la que la energía mecánica producida se transforma en energía eléctrica. Se compone de torre, góndola y rotor ³¹⁰.

AISLADOR SUSPENDIDO. Aislador dispuesto por debajo de los travesaños del armado ³⁵.

AISLADOR. Elemento que aísla y soporta los conductores de una línea eléctrica en los apoyos. Generalmente, están hechos de porcelana o polímeros ³⁵.

ALTA TENSIÓN. Para efectos del SEIA, se entiende como línea de transmisión de alto voltaje a aquellas líneas que conducen energía eléctrica con una tensión mayor a veintitrés kilovoltios (23 kV) ³⁰⁴.

ANATIDAE. Esta familia corresponde a cisnes, gansos y patos. Son aves adaptadas al medio acuático. Poseen alas cortas y puntiagudas con musculatura pectoral bien desarrollada. Su cola es corta y el plumaje variado ³⁰⁹.

APOYO. Son los elementos que soportan los conductores y demás componentes de una línea aérea, separándolos del terreno ³⁰⁴.

ARDEIDAE. Esta familia corresponde a garzas, huairavos y garcetas. Poseen cuellos largos que se articulan en forma de "s". Picos largos y agudos con que arponean sus presas (peces, anfibios, reptiles, insectos, pequeños mamíferos y aves jóvenes), poseen alas anchas y largas con las que realizan un vuelo pausado pero potente con el cuello recogido ³⁰⁹.

B

BAJA TENSIÓN. Nivel de tensión igual o inferior a 400 volts ³⁰⁴.

BANDADA. Grupo relativamente numeroso de aves ³⁰⁴.

BIRDLIFE. Asociación internacional para la conservación de aves y sus ambientes, con 120 instituciones socias a nivel mundial ³⁰⁴.

C

CARCASA. Cuerpo de un animal muerto (del inglés, carcass) ³⁰⁴.

CARGA ALAR. Es un parámetro aerodinámico que se obtiene dividiendo el peso del ave por el área de las alas. En consecuencia, una carga alar más baja implica una mayor facilidad para mantenerse en vuelo y una mejor maniobrabilidad en el aire, ambas con un reducido gasto energético. Por el contrario, una carga alar elevada necesita un elevado gasto energético para conseguir ambas cosas ³⁰⁴.

CATHARTIDAE. Esta familia corresponde a los jotes y cóndores. Son aves de gran envergadura que se distribuyen sólo en América ³⁰⁹.

CHARADRIDAE. Esta familia corresponde a queltehus y chorlos. Habitán riberas, humedales, playas y praderas ³⁰⁹.

CICONIIDAE. Esta familia corresponde a las cigüeñas. Poseen cuellos y piernas largas, de alas grandes y anchas, aprovechan las corrientes térmicas para elevarse a gran altura. Se alimentan de insectos, aves y pequeños mamíferos ³⁰⁹.

CIRCUITO MÚLTIPLE. Una configuración que soporta más de un circuito ³⁵.

CIRCUITO SIMPLE. Conductor o sistema de conductores a través de los cuales puede fluir corriente eléctrica. El circuito está energizado a un voltaje específico ³⁵.

COLUMBIDAE. Esta familia corresponde a palomas y tórtolas ³⁰⁹.

CONDUCTOR. Material que transmite la electricidad con baja resistencia ³⁰⁴.

CONSERVACIÓN. Es la gestión del humano que promueve el uso racional y la protección de los recursos naturales. La intención es producir el mayor beneficio posible para satisfacer las necesidades de las generaciones actuales, pero sin afectar su potencialidad de satisfacer las de las siguientes generaciones ³⁰⁴.

CORRIENTE. Movimiento o flujo de electricidad pasando a través de un conductor. La corriente es medida en amperes ³⁵.

CRUCETA O ARMADO. Estructura de apoyo que sirve para anclar los aisladores que sujetan los conductores ³⁵.

D

DISTANCIA MÍNIMA DE SEGURIDAD. La distancia comprendida entre la punta de la cruceta y la grapa de amarre ²²⁷.

DISTRIBUCIÓN DE ELECTRICIDAD. Conducción de electricidad desde una sub-estación a los distintos usuarios de ella; incluye el ajuste de la tensión a las necesidades del cliente, la medición del consumo de cada uno, y la facturación de la cuenta respectiva ³⁰⁴.

DISUASOR DE POSADA. Dispositivo externo colocado sobre las crucetas para evitar que se posen las aves ²²⁷.

E

EMBERIZIDAE. Esta familia corresponde a chincol, cometocinos, yales, diucas, chirigues, semilleros ³⁰⁹.

ENDÉMICA. Especie cuya presencia está restringida al territorio nacional ³⁰⁴.

ENERGIZADO. Cualquier dispositivo eléctrico conductor conectado a cualquier fuente de electricidad ³⁵.

ENSAMBLE DE ESPECIES. Conjunto de especie que explotan o utilizan un recurso común ³⁰⁴.

ENVERGADURA ALAR. Distancia entre las dos puntas de las alas completamente extendidas de un ave ³⁰⁴.

ESPECIE INTRODUCIDA. Término usado para describir especies que han sido trasladadas por humanos a áreas fuera de su rango de distribución nativo ³⁰⁴.

ESPECIE MIGRATORIA. Conjunto de la población, o toda parte de ella geográficamente aislada, de cualquier especie o grupo taxonómico inferior de animales silvestres, de los que una parte importante franquea cíclicamente y de manera previsible, uno o varios límites de jurisdicción nacional ³⁰⁴.

ESPECIE. Grupo de individuos muy similares que en forma natural sólo se reproducen entre sí ³⁰⁴.

ESPECIES RESIDENTES O SEDENTARIAS. Especie que no migra y que vive permanentemente y durante todo el año en el mismo lugar ³⁰⁴.

F

FALCONIDAE. Esta familia corresponde a caranchos, traros, tiuques y halcones ³⁰⁹.

FAMILIA. Categoría jerárquica dentro de la clasificación taxonómica que incluye subfamilias (y por ende géneros) similares. Se ubica justamente por debajo de la superfamilia ³⁰⁴.

FASE. Conductor eléctrico energizado ³⁵.

FASE-A-FASE. El contacto de dos conductores de fase energizados ³⁵.

FRAGMENTACIÓN. Proceso a través del cual, paisajes naturales se ven divididos en pequeñas parcelas de ecosistemas aislados entre sí, en una matriz de tierra dominada por actividades humanas ³⁰⁴.

FREGATIDAE. Esta familia corresponde a aves fragatas. Habitán la costa marina y a veces se internan en aguas pelágicas ³⁰⁹.

FURNARIIDAE. Esta familia corresponde a mineros, bandurrias, chiricoca, churretes, rayaditos, tijerales y canasteros ³⁰⁹.

H

HUMEDAL. Las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros ³⁰⁴.

I

IMPACTO AMBIENTAL. Alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada. Los impactos ambientales serán significativos cuando generen o presenten alguno de los efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la Ley Nº20.417 (2010) ³⁰⁸.

INDIVIDUO. Se refiere a cada ser organizado respecto de la especie a la cual pertenece ³⁰⁴.

INTERRUPTOR. Dispositivo eléctrico utilizado para seccionar las fuentes de energía eléctrica ³⁵.

J

JUVENIL. Ave que está en su primer año de vida. Ave joven o cría, antes de alcanzar la madurez sexual ³⁰⁴.

K

KILOVOLTIO (kV). 1.000 voltios, se abrevia como kV ³⁵.

L

LARIDAE. Esta familia corresponde a gaviotas y gavotines. Las gaviotas son aves de tamaño medio asociadas al borde marino ³⁰⁹.

LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN. Conjunto de instalaciones de tensión nominal igual o inferior a 23 kV, que se encuentra fuera de la subestación primaria de distribución, y que están destinadas a dar suministro a usuarios finales ubicados en zonas de concesión, o bien a usuarios ubicados fuera de zonas de concesión que se conecten a instalaciones de una concesionaria mediante líneas propias o de terceros ³⁰⁴.

LÍNEA DE TRANSMISIÓN. Líneas de energía, diseñadas y construidas para tensiones de > 60 kV ³⁵. Para efectos del SEIA, se entiende como línea de transmisión de alto voltaje aquella línea que conduce energía eléctrica con una tensión mayor a veintitrés kilovoltios (23 kV) ³⁰⁸.

LÍNEA ELÉCTRICA. Combinación de conductores usados para transmitir o distribuir energía eléctrica, normalmente situada en postes ³⁵.

M

MEDIA TENSIÓN. Sistemas eléctricos con tensiones superiores a 1 kV y un máximo de 60 kV ³⁰⁴.

O

ORDEN. Categoría jerárquica dentro de la clasificación taxonómica que incluye subórdenes similares. Se ubica justamente por debajo de la subclase ³⁰⁴.

P

PALA. Elemento del rotor con forma aerodinámica que produce las fuerzas necesarias para moverlo y producir potencia ³¹⁰.

PARQUE EÓLICO. Instalación compuesta por dos o más aerogeneradores agrupados, que vierte la energía producida en un mismo punto de la red eléctrica ³¹⁰.

PELECANOIDAE. Esta familia corresponde a yuncos petreles y buceadores ³⁰⁹.

PERCHA. Estructura usada por un ave para posarse ³⁰⁴.

PERCHARSE. Acto a través del cual un ave se posa sobre la percha ³⁰⁴.

PHAETONTIDAE. Son aves pelágicas que sólo van a tierra para nidificar. Anidan en islas oceánicas, los polluelos son alimentados por ambos padres y abandonados antes que puedan volar ³⁰⁹.

PHALACROCORACIDAE. Esta familia corresponde a los cormoranes ³⁰⁹.

PICIDAE. Esta familia corresponde a los pájaros carpinteros ³⁰⁹.

POBLACIÓN. Conjunto de individuos de una misma especie, que interactúan entre sí en el mismo tiempo y espacio ³⁰⁴.

PODICIPEDIDAE. Esta familia corresponde a los zambullidores ³⁰⁹.

POSTE PROBLEMÁTICO. Un poste utilizado por aves, y que ha electrocutado o que presenta riesgo de electrocución para estas ³⁵.

POSTE. Estructura vertical de metal, madera, hormigón, u otro material apropiado, usada para soportar conductores eléctricos al que se fijan de modo directo, en su caso, los cables de tierra. Está formado por el fuste y el armado ³⁵.

Q

QUIRÓPTERO. Perteneciente al orden Chiroptera, el cual agrupa a las especies coloquialmente llamadas "murciélagos" ³⁰⁴.

R

RALLIDAE. Esta familia corresponde a pidenes, pidencitos, taguas y tagüitas ³⁰⁹.

RAPAZ. Ave de presa. Las rapaces son miembros del orden Falconiforme (rapaces diurnas) y strigiformes (búhos). Las aves rapaces poseen estructuras anatómicas (patas y picos) especializadas para dar muerte a sus presas ³⁵.

ROSTRATULIDAE. Esta familia corresponde la becacina pintada ³⁰⁹.

ROTOR. Conjunto formado por las palas y el buje que las une. Sirve para transformar la energía cinética del viento en energía mecánica ³¹⁰.

S

SALVAPÁJAROS O SEÑALIZADOR. Dispositivo externo que se fija a los cables para su visualización a distancia por las aves ²²⁷.

SCOLOPACIDAE. Esta familia corresponde a becacias, playeros y pollitos de mar ³⁰⁹.

SEGUIMIENTO. Actividad cuya finalidad es asegurar que las variables ambientales relevantes que fueron objeto de evaluación ambiental, evolucionan según lo proyectado ³⁰⁸.

STRINGIDAE. Esta familia corresponde a búhos, chunchos, concones y nucos. Aves rapaces, generalmente de hábitos nocturnos ³⁰⁹.

SUBESTACIÓN. Punto de transición (donde el voltaje se aumenta o disminuye) en el sistema de transmisión y distribución ³⁵.

SULIDAE. Esta familia corresponde a los piqueros ³⁰⁹.

T

TASA: Relación entre la cantidad y la frecuencia de un fenómeno ³⁰⁴.

THINOCORIDAE. Esta familia corresponde a perdices, tordos aperdizados, agachonas ³⁰⁹.

TINAMIDAE. Esta familia corresponde a perdices y tinamúes ³⁰⁹.

TORRE DE ALTA TENSIÓN. Estructura de gran altura que soporta los cables conductores de las líneas de transmisión eléctrica que funcionan con un voltaje elevado ³⁰⁴.

TORRE. Estructura que soporta la góndola y el rotor de la aeroturbina ³¹⁰.

TRANSFORMADOR. Dispositivo utilizado para aumentar o disminuir el voltaje ³⁵.

TYRANNIDAE. Esta familia corresponde a fio-fios, cazamoscas, meros, dormilonas, colegiales, pitajos, cachuditos y benteveos ³⁰⁹.

TYTONIDAE. Esta familia corresponde a las lechuzas, las que son rapaces nocturnas y poseen una cabeza de gran tamaño y un disco facial en forma de corazón ³⁰⁹.

V

VELOCIDAD DE ARRANQUE. Velocidad mínima de viento necesaria para que las aspas del aerogenerador comiencen a girar y a producir electricidad ³⁰⁴.

VOLANTONES. Ave que recientemente ha abandonado el nido y que puede seguir o no dependiendo de sus padres para su alimentación ³⁵.

VOLTAJE. Tensión de la electricidad, el potencial que hace que circule la corriente; a medida que la tensión aumenta, también aumenta la potencia que produce una misma corriente ³⁰⁴.

VOLTIO (V): unidad de medida de la tensión eléctrica ³⁰⁴.

ANEXO 2: Bibliografía

Se hace presente que los números en la presente bibliografía mantienen la misma numeración del documento “*Medidas de Mitigación de Impactos en Aves Silvestres y Murciélagos*”³⁰⁴, en el cual se basa esta guía. Se ha considerado valioso conservar esta numeración, ya que corresponde al código con que se han almacenado los documentos digitales.

A lo largo del texto se han utilizado números como superíndices, para aludir a las publicaciones incluidas en la presente bibliografía.

- 1** Baerwald, E. F., Edworthy, J., Holder, M., & Barclay, R. M. R. (2009). A large-scale mitigation experiment to reduce bat fatalities at wind energy facilities. *The Journal of Wildlife Management*, 73 (7), 1077-1081.
- 2** Arnett E.B. (2006). A preliminary evaluation on the use of dogs to recover bat fatalities at wind energy facilities. *Wildlife Society Bulletin*, 34 (5), 1440-1445.
- 3** C.S.I.C. Estación Biológica Doñana (1995). Análisis de impactos de las líneas eléctricas sobre la avifauna de Espacios Naturales Protegidos, Manual para a valoración de riesgos y soluciones. Sevillana de Electricidad, Iberdrola y Red Eléctrica. Recuperado en: <http://www.agentesforestales.org/images/stories/documents/aaff/impactos-lineas-electricas-sobre-avifauna-manual.pdf>.
- 4** Subramanian M. (2012). The trouble with turbines: an ill wind. *Nature*, 486, 310-311.
- 5** Kunz, T.H., Arnett, E.B., Cooper, B.M., Erickson, W. E., Larkin, R.P., Mabee, T., Szewczak, J.M. (2007). Assessing impacts of wind-energy development on nocturnally active birds and bats: a guidance document. *Journal of Wildlife Management*, 71 (8), 2449-2486.
- 6** Janss, G.F.E. (2000). Avian mortality from power lines: A morphological approach to species-specific mortality. *Biological Conservation*, 95: 353-359.
- 7** BSG Ecology. Bats and windfarms in Europe – Continental scale effects?. (2012). Recuperado en: BSG Ecology: http://www.bsg-ecology.com/wp-content/uploads/2012/12/Bats-and-Wind-Farms_Europe.pdf.
- 8** Hayes, M. (2013). Bats killed in large numbers at United States wind energy facilities. *BioScience*, 63 (12), 975-979.
- 9** Horn J., Arnett, E.B, & Kunz, T.H, (2008). Behavioral Responses of Bats to Operating Wind Turbines. *The Journal of Wildlife Management*, 72 (1), 123-132.

- 10 Jenkins, A.R., Van Rooyen, C.S., Smallie, J.J., Harrison, J.A., Diamond, M., & Smit, H.A. (2011). *Best practice guidelines for avian monitoring and impact mitigation at proposed wind energy development sites in Southern Africa*. Wildlife and energy program of the endangered wildlife trust and BirdLife South Africa. Recuperado en Endangered wildlife trust: http://www.ewt.org.za/WEP/pdf/BLSA_EWT_%20Best%20Practice%20Monitoring%20Guidelines_2012.pdf
- 11 Bevanger, K. (1998). Biological and conservation aspects of bird mortality caused by electrical power lines: a review. *Biological Conservation*, 86, 67-76.
- 12 Percival, S.M. (2005) Birds and windfarms: what are the real issues? *British Birds*, 98: 194-204.
- 13 Richardson, W. J. (1998). Bird migration and wind turbines: migration timing, flight behavior, and collision risk. En *National Avian-wind Power Planning Meeting III* (pp.132-140), San Diego, California. Recuperado de National wind coordinating collaborative: https://nationalwind.org/wp-content/uploads/assets/research_meetings/Research_Meeting_III_Proceedings.pdf.
- 14 Cryan P.m., & Barclay R.M.R. (2009). Causes of Bats Fatalities at Wind Turbines: Hypotheses and Predictions. *American Society of Mammalogists*, 90 (6), 1330-1340.
- 15 Johnson, G.D., Erickson W.P., Strickland, M.D., Shepherd M.F., Shepherd D.A., & Sarappo S.A. (2002). Collision mortality of local and migrant birds at a large-scale wind-power development on Buffalo Ridge, Minnesota. *Wildlife Society Bulletin*, 30 (3), 879-887.
- 16 Atienza J.C., Fierro I.M., Infante O., Valls J., & Dominguez J. (2009). *Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en las aves y murciélagos* (versión 3.0). Recuperado en SEO/BirdLife:http://www.seo.org/wp-content/uploads/2012/05/MANUAL-MOLINOS-VERSION-31_WEB.pdf
- 17 EIRGRID. (2012). Ecological guidelines for electricity transmission projects: *A standard approach to ecological impact assessment of high voltage transmission projects*. Recuperado de: <http://www.eirgrid.com/media/Ecology%20Guidelines%20for%20Electricity%20Transmission%20Projects.pdf>
- 18 Kunz T.H., Arnett, E.B., Erickson, W.P., Hoar, A.R., Johnson, G.D., Larkin, R. P., Strickland, M.D., Thresher, R.W., & Tuttle M. (2010). Ecological impacts of wind energy development on bats: *Questions, research needs and hypothesis*. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5 (6), 315-324.
- 19 Arnett, E. B., Schirmacher, M., Huso, M. P., & Hayes, J. P. (2009). *Effectiveness of changing wind turbine cut-in speed to reduce bat fatalities at wind facilities*. (Report N° 2008). Recuperado en: the Bats and Wind Energy Cooperative: http://www.batsandwind.org/pdf/curtailment_2008_final_report.pdf.
- 20 Manzano Fischer, P., List, R., Cartron, J.L., Sierra R. & Ponce E. (2007). Electrocución de aves en líneas de distribución de energía eléctrica en México. CONABIO. *Biodiversitas* 72, 11-15.

- 21** Korner-Nievergelt, F., Brinkmann, R., Niermann, I., & Behr, O. (2013) Estimating Bat and Bird Mortality Occurring at Wind Energy Turbines from Covariates and Carcass Searches Using Mixture Models. *PLoS ONE*, 8 (7): e67997. doi: 10.1371.
- 22** Baerwald, E.F., & Barclay, R.M.R. (2009). Geographic variation in activity and fatality of migratory bats at wind energy facilities. *Journal of Mammalogy*, 90 (6), 1341-1349.
- 23** Rodrigues, L., Bach, L., Dubourg-Savage, M., Goodwin, J., & Harbusch, C. (2008). Guidelines for consideration of bats in wind farm projects. *EUROBATS Publication Series N°3*. Recuperado de UNEP/EUROBATS: http://www.eurobats.org/sites/default/files/documents/publications/publication_series/pubseries_no3_english.pdf.
- 24** Prinsen, H.A.M., Smallie, J.J., Boere, G.C. & Pires, N. (2011). Guidelines on how to avoid or mitigate impact of electricity power grids on migratory birds in the African-Eurasian region. *Technical Series AEWA*, 50 (CMS, 29, CMS Raptors MOU, 3). Recuperado de Agreement on the Conservation of African-Eurasian Migratory Waterbirds (AEWA): http://www.unep-aewa.org/sites/default/files/publication/ts50_electr_guidelines_03122014.pdf.
- 25** Edkins, M.T. (2008). *Impacts of wind energy development on birds and bats: looking into the problem*. Recuperado de Enviromental Change Institute: <http://www.eci.ox.ac.uk/research/energy/downloads/birds-bats-edkins2008.pdf>.
- 26** Everaert, J., & Stienen, E.W.M. (2006). Impact of wind turbines on birds in Zeebrugge (Belgium). Significant effect on breeding tern colony due to collisions. *Biodiversity and Conservation*, 16, 3345-3359. doi: 10.1007/s10531-006-9082-1.
- 27** Hötker, H., Thomsen, K.-M. & Jeromin ,H. (2006). *Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources: the example of birds and bats - facts, gaps in knowledge, demands for further research, and ornithological guidelines for the development of renewable energy exploitation*. Bergenhusen, Alemania: Michael-Otto-Institut im NABU.
- 28** Smallwood,K.S., Rugge, L., & Morrison, M.L. (2009). Influence of behavior on bird mortality in wind energy developments. *The Journal of Wildlife Management*, 73 (7), 1082-1098.
- 29** Barrientos, R., Alonso, J.C., Ponce, C. & Palacin, C. (2011). Meta-Analysis of the Effectiveness of Marked Wire in Reducing Avian Collisions with Power Lines. *Conservation Biology*, 25 (5), 893-903.
- 30** De la Zerda, S., & Roselli, L. (2003). Mitigación de colisión de aves contra líneas de transmisión eléctrica con marcaje del cable de guarda. *Ornitología Colombiana*, 1, 42-62.
- 31** Rollan, A., Real, J., Bosch, R., & Hernández-Matías, A. (2012). Modelling the risk of collision with power lines in Bonelli's Eagle *Hieraetus fasciatus* and its conservation implications. *Bird Conservation International*, 20, 279-294.
- 32** Arnett, E. B., Brown, W. K., Erickson, W. P., Fiedler, J.K., Hamilton, B.L., Henry, T. H. Tankersley, R.D.Jr. (2008). Patterns of Bat Fatalities at Wind Energy Facilities in North America. *The Journal of Wildlife Management*, 72 (1), 61-78.

- 33** Haas, D., Nipkow, M., Fiedler, G., Schneider, R., Haas, W., & Schürenberg, B. (2003). Protecting birds on powerlines: a practical guide on the risks to birds from electricity transmission facilities and how to minimise any such adverse effects. Recuperado de US Department of energy: http://ulpeis.anl.gov/documents/dpeis/references/pdfs/BirdLife_International_2003.pdf.
- 33** Haas, D., Nipkow, M., Fiedler, G., Schneider, R., Haas, W., Schürenberg. (2003). Protecting Birds from Powerlines: a practical guide on the risks to birds from electricity transmission facilities and how to minimise any such adverse effects. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats Standing Committee 23rd meeting. T-PVS/Inf (2003) 15. NABU/ Birdlife International.
- 34** Morrison, M.L., Sinclair, K.C., & Thelander, C.G. (2009). Protocolo de muestreo para estudiar la influencia de los parques eólicos sobre las aves y otros animales. En: M. De Lucas, G.F. E. Janss y M. Ferrer (Eds). *Aves y parques eólicos: valoración del riesgo y atenuantes*. (pp. 105-221) Andalucía: Quercus.
- 35** Avian Power Line Interaction Committee (APLIC). (2006). *Suggested practices for avian protection on power lines. The state of the art in 2006*. Washington, DC and Sacramento, C.A, E.E.U.U.: Edison Electric Institute, California Energy Commission and APLIC. Recuperado en Department of Defense partnership in flight: http://www.dodpif.org/downloads/APLIC_2006_SuggestedPractices.pdf.
- 36** Erickson, W.P., G.D. Johnson, D.P. Young, M.D. Strickland, R.E. Good, M. Bourassa, K. Bay, & K.J. Sernka. (2002). *Synthesis and comparison of baseline avian and bat use, raptor nesting and mortality information from proposed and existing wind developments*. (Reporte final). Recuperado de Bonneville Power Administration: https://www.bpa.gov/power/pgc/wind/Avian_and_Bat_Study_12-2002.pdf.
- 37** Yee, M.L. (2008) *Testing the Effectiveness of an Avian Flight Diverter for Reducing Avian Collisions with Distribution Power Lines in the Sacramento Valley, California*. (Reporte final). Recuperado de California Energy Commission: <http://www.energy.ca.gov/2007publications/CEC-500-2007-122/CEC-500-2007-122.PDF>.
- 39** Boshoff,A..F., Minnie,J.C., Tambling, C.J., & Michael, M.D. (2011). The impact of power line-related mortality on the Cape Vulture Gyps coprotheres in a part of its range, with an emphasis on electrocution. *Bird Conservation International*, 21 (3), 311 – 327. doi:10.1017/S095927091100013X.
- 40** US Fish and Wildlife Service. (2012). *US Fish and Wildlife service land-based wind energy guidelines*. Recuperado de US fish and wildlife service: http://www.fws.gov/windenergy/docs/WEG_final.pdf.
- 42** Kuvlesky W.P., Brennan L.A. JR, Morrison, M.L., Boydston, K.K., Ballard, B.M., & Bryant, F.C. (2007). Wind energy development and wildlife conservation: Challenges and opportunities. *The Journal of Wildlife Management*, 71 (8), 2487-2498.

- 43** National Wind Coordinating Collaborative (NWCC). (2010). *Wind Turbine interactions with birds bats and their habitats*. (Primavera). Recuperado en Office of Energy and Renewable Energy: http://www1.eere.energy.gov/wind/pdfs/birds_and_bats_fact_sheet.pdf.
- 44** Langston, R. H. W. & Pullan, J. D. (2002) Windfarms and Birds: An analysis of the effects of windfarms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues. (Reporte del Concilio Europeo T-PVS/Inf 30 rev). Reporte escrito por BirdLife International para la convención de Berna.
- 49** Alvarado, S. & Roa, M. (2010). Electrocución de Águilas Mora *Geranoaetus melanoleucus* por electrocución con tendido eléctrico en Calera de Tango, Chile. *Boletín de la Red de Rapaces Neotropicales*, 9. Recuperado de: <http://www.neotropicalraptors.org/Newsletter%20PDFs/NRN-Newsletter-Spanish-Issue-9.pdf>
- 51** Galaz, J. & Yañez, J. (2006). Los Murciélagos de Chile: Guía para su reconocimiento. Santiago, Chile: Ediciones del Centro de Ecología Aplicada.
- 52** Mann Fisher G. (1978). Los pequeños mamíferos de Chile. *Gayana Zoología*, 40, 1-342.
- 53** Iriarte, W. (2007). Mamíferos de Chile. Barcelona, España: Lynx Ediciones.
- 56** Brito, J. (2002). Mitigación de la mortalidad de *Cygnus melanocorypha* por colisión con cables eléctricos en el embalse Los Molles, Región de Valparaíso, Chile. *Boletín Chileno de ornitología*, 9, 46-47.
- 58** Brito, J. (2000). Solución a la mortalidad accidental de Cisne de cuello negro *Cygnus melanocorypha* por impactos con el tendido eléctrico alrededor de la Laguna El Peral y el Estero Cartagena, Región de Valparaíso. *Boletín chileno de ornitología*, 7, 36.
- 203** Meseguer, J. (2009). Prólogo. En: Aves y parques eólicos. Valoración del riesgo y atenuantes. En: M. De Lucas, G.F. E. Janss y M. Ferrer (Eds). *Aves y parques eólicos: valoración del riesgo y atenuantes*. (pp. 17-19) Andalucía, España: Quercus.
- 204** Thelander, C.G., & Smallwood, K. S. (2009). Un ejemplo de los efectos de los parques eólicos sobre las aves. En: M. De Lucas, G.F. E. Janss y M. Ferrer (Eds). *Aves y parques eólicos: valoración del riesgo y atenuantes*. (pp. 17-19) Andalucía, España: Quercus.
- 205** APPLIC & USFWS. (2005). *Avian Protection Plan (APP) Guidelines*. Recuperado de Avian PowerLine Interction Comitee (APPLIC): http://www.aplic.org/uploads/files/2634/APPguidelines_final-draft_Aprl2005.pdf
- 206** Jain, A. A., Koford, R. R., Hancock, A. W., & Zenner, G. G. (2011). Bat mortality and activity at a northern Iowa wind resource area. *American Midland Naturalist*, 165 (1), 185-200.

- 211** Manville, A. (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. (Rep. PSW-GTR-191). Recuperado de U.S. Forest Service: http://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_gtr191/Asilomar/pdfs/1051-1064.pdf.
- 212** Decreto 173. Reglamento de Aeródromos. Diario oficial de la República de Chile Diario oficial. Santiago 15 Marzo 2005.
- 214** Arnett, E. B., Hein, C., Schirmacher, M., Baker, M., Huso, M. M. P. & Szewczak, J. M. (2011). *Evaluating the effectiveness of an ultrasonic acoustic deterrent for reducing bat fatalities at wind turbines.* (Reporte final). Bats and Wind Energy Cooperative, Bat Conservation International.
- 217** Powlesland, R. G. (2009). Impacts of wind farms on birds: a review. *Science for Conservation*, 209. Recuperado de New Zealand Department of Conservation: <http://www.doc.govt.nz/Documents/science-and-technical/sfc289entire.pdf>.
- 221** Kerlinger, P., Gehring, J.L., Erickson ,W. P., Curry, R., Jain, A., & Guarnaccia, J. (2010). Night Migrant Fatalities and Obstruction Lighting at Wind Turbines in North America. *The Wilson Journal of Ornithology*, 122 (4), 744-754. <http://dx.doi.org/10.1676/06-075.1>.
- 222** Mabee, T., Cooper, B., Plissner, J., & Young, D. (2006). Nocturnal Bird Migration Over an Appalachian Ridge at a Proposed Wind Power Project. *Wildlife Society Bulletin*, 34 (3), 682-690.
- 225** Baerwald, E. F., & Barclay, R. M. R. (2011). Patterns of activity and fatality of migratory bats at a wind energy facility in Alberta, Canada. *Journal of Wildlife Management*, 75 (5), 1103-1114. doi:<http://www.bioone.org/doi/full/10.1002/jwmg.147>.
- 227** Real Decreto 1432. Por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión. BOE de 13 de septiembre de 2008, España.
- 229** Avian Power Line Interaction Committee (APLIC). (2012). *Reducing Avian Collisions with Power Lines: The State of the Art in 2012*. United States of America., Washington, D.C.: Edison Electric Institute. Recuperado de APLIC: http://www.aplic.org/uploads/files/11218/Reducing_Avian_Collisions_2012watermarkLR.pdf
- 231** Fernie K.J.,& Reynolds S.J.(2005) The Effects of Electromagnetic Fields From Power Lines on Avian Reproductive Biology and Physiology: A Review. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B: Critical Reviews*, 8 (2), 127-140. doi: [10.1080/10937400590909022](https://doi.org/10.1080/10937400590909022).
- 232** Barrios, L., Brandes, D. & Rodríguez, A. (2012). Uso de un modelo de interacción entre viento y relieve para entender la mortalidad del buitre leonado en parques eólicos. En: Ferrer M., De Lucas, M., Tomé , R., Whield P., Arne E., Bechard, M., & Aenza, J.C. *Libro de Resúmenes del I Congreso Ibérico sobre Energía Eólica y Conservación de la Fauna.* (pp.33). Recuperado de: <http://es.scribd.com/doc/80573174/i-Congreso-Sobre-Energia-Eolica-y-Conservacion-de-La-Fauna-Libro-de-Resumenes#scribd>.

- 234** Tidemann, C.R., & Nelson, J.E. (2011). Life Expectancy, Causes of Death and Movements of the Grey-Headed Flying-Fox (*Pteropus poliocephalus*) Inferred from Banding. *Acta Chiropterologica*, 13 (2), 419–429. doi: 10.3161/150811011X624901.
- 237** Erickson, W.P., J. Jeffrey, K. Kronner, & K. Bay. (2004). *Stateline Wind Project Wildlife Monitoring*. (Reporte Final, Julio 2001 - Diciembre 2003). Recuperado de Western ecosystem technology: http://www.west-inc.com/reports/swp_final_dec04.pdf.
- 238** Schoenfeld, P.S. (2004). *Suggestions regarding avian mortality extrapolation*. Reporte no publicado para West Virginia Highlands Conservancy, Davis, WV. Recuperado de: <https://www.nationalwind.org/wp-content/uploads/2013/05/Shoenfeld-2004-Suggestions-Regarding-Avian-Mortality-Extrapolation.pdf>.
- 239** Arnett E. B., Kerns, J., & Erickson, W. P. (2005). *Relationships between bats and wind turbines in Pennsylvania and West Virginia: an assessment of bat fatality search protocols, patterns of fatality, and behavioural interactions with wind turbines* (Reporte Final Junio 2005). Recuperado de Bat and Wind Energy Cooperative: <http://www.batsandwind.org/pdf/ar2004.pdf>
- 240** Jain, A., Kerlinger, P., Curry, R., & Slobodnik, L. (2007). *Annual report for the Maple Ridge wind power project: post-construction bird and bat fatality study 2006*. (Reporte anual Mayo 2007). Recuperada de: http://docs.wind-watch.org/maple_ridge_report_2006_final.pdf
- 241** Huso, M. M. P. (2010). An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. *Environmetrics*, 22 (3), 318–329. doi:10.1002/env.1052.
- 242** Korner-Nievergelt F, Korner-Nievergelt P, Behr O, Niermann I, Brinkmann R, & Hellriegel B, (2011). A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. *Wildlife Biology* 17 (4), 350–363. doi: <http://dx.doi.org/10.2981/10-121>
- 243** Ferrer, M., De Lucas, M., Janss, G. F. E., Casado, E., Muñoz, A. R., Bechard, M. J., & Calabuig, C. P. (2012). Weak relationship between risk assessment studies and recorded mortality in wind farms. *Journal of applied ecology*, 49, 38–46. doi: 10.1111/j.1365-2664.2011.02054.x
- 244** Bernardino, J., Bispo R., Costa H., & Mascarenhas M. (2013). Estimating bird and bat fatality at wind farms: a practical overview of estimators, their assumptions and limitations. *New Zealand Journal of Zoology*, 40 (1), 63–74, doi: 10.1080/03014223.2012.758155.
- 246** De Lucas M., Ferrer, M., Bechard, M. J., & Muñoz, A. R. (2012). Griffon vulture mortality at wind farms in southern Spain: Distribution of fatalities and active mitigation measures. *Biological Conservation* 147, 184–189.
- 300** Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) & Ministerio de Energía. (2012). *Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental de Centrales Eólicas de Generación de Energía Eléctrica*. Santiago, Chile: SEA. Recuperado en: http://www.sea.gob.cl/sites/default/files/20121109_eolica_terminada.pdf

- 301** Santana, C. (2014). *Energías Renovables en Chile, el potencial eólico, solar e hidroeléctrico de Arica a Chiloé*. Santiago, Chile: Proyecto Estrategia de Expansión de las Energías Renovables en los sistemas eléctricos interconectados (MINENERGIA/GIZ).
- 302** Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). (2012). Componente ambiental fauna silvestre. En: SAG (Ed.). *Guías de Evaluación Ambiental*. Santiago, Chile: Autor. Recuperado en: http://www.sag.cl/sites/default/files/Guia_evaluacion_ambiental_fauna_silvestre_2012_a.pdf.
- 303** Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). (2012). *Manual para Evaluación de Línea Base Componente Fauna Silvestre*. Santiago, Chile: Autor. Recuperado en: http://www.sag.cl/sites/default/files/d-pr-ga-009_evaluacion_de_linea_base_componente_fauna_silvestre.pdf
- 304** González, G. (2014). *Medidas de Mitigación de Impactos en Aves Silvestres y Murciélagos*. Santiago, Chile: Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y Ministerio de Energía (MINENERGIA). Recuperado de: http://www.sag.cl/sites/default/files/producto_1.3_entrega.pdf.
- 306** Vestas (s.f.). Technical specifications. En: Vestas, products and services, V90-3.0 MW. Recuperado de Vestas: http://www.vestas.com/en/products_and_services/turbines/v90-3_0_mw#!power-curve.
- 308** Decreto Supremo N°40. Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Diario oficial de la República de Chile Diario oficial. Santiago 12 Agosto 2013.
- 309** González G. C. y Daniel M. P. (2004). *Las aves de Chile*, nueva guía de campo. Santiago, Chile, Chile: Ediciones del Naturalista.
- 310** Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA). (2006). *Energía eólica*. Recuperado en: http://www.energiasrenovables.ciemat.es/adjuntos_documentos/Energia_Eolica.pdf.
- 311** Superintendencia de Electricidad y Combustibles (s.f.). *Electricidad Tensiones Normales para Sistemas e Instalaciones*. (Norma técnica NSEG 8E.n.75). Santiago, Chile: Autor. Recuperado de Superintendencia de seguridad y combustible: http://www.sec.cl/sitioweb/electricidad_normastecnicas/NSEG8_75v3.pdf.
- 313** C. Hein. (2014). Taller de Expertos Medidas de Mitigación de Impacto de Aves Silvestres y Murciélagos. 23 y 24 de Julio. Santiago, Chile. Comunicación personal.

ANEXO 3: Compilación de especies y familias amenazadas por colisión /electrocución

En un reporte de Birdlife Alemania³³ de diciembre del año 2003 se presenta una compilación de las especies y familias de aves amenazadas por los impactos por electrocución y colisión. Una traducción de esta compilación se presenta en la tabla 11, dónde:

- 0** Indica eventos no reportados.
- I** Se han reportado eventos, pero estos aparentemente no amenazan las poblaciones.
- II** Altos índices de eventos regionales o locales, pero sin impacto en la población de la especie.
- III** Los eventos son causas de mayor mortalidad, amenazando a la especie de extinguirse regional o globalmente.

Tabla 11: Severidad del impacto por electrocución y colisión en las poblaciones de aves.

Nombre	Familia	Debido a electrocución	Debido a colisión
Petreles.	Procellariidae.	0	I-II
Piqueros, alcatraces .	Sulidae.	0	I-II
Pelícanos.	Pelicanidae.	I	II-III
Cormoranes.	Phalacrocoracidae.		
Garzas y avetoro.	Ardeidae.	I	II
Cigüeñas.	ciconidae.	I	II
Flamencos.	Phoenicopteridae.	0	II
Patos, gansos, cisnes y pollos de agua.	Anatidae.	0	II
Rapaces.	Accipitriformes y Falconiformes.	II-III	I-II
Perdices y codornices.	Galliformes.	0	II-III
Rascones y gallaretas.	Rallidae.	0	II-III
Grulla.	Gruidae.	0	I-II
Avutarda.	Otidae.	0	III
Aves playeras/Aves zancudas.	Charadriidae y Scolopacidae.	I	II-III
Gaviotas.	Sterkorariidae y Laridae.	I	II
Álcidos (frailecillos).	Alcidae.	0	II
Pichones, palomas.	Columbidae.	0	II
Búhos	Strimgiformes.	I-II	II-III
Chotacabras o gallinas Ciegas.	Caprimulgidae.	0	I
Vencejos.	Apodidae.		
Martín pescador.	Upudidae y Alcedinidae.	I	II
Loros.	Coraciidae y Psittadidae.	I	II
Pájaro carpintero.	Picidae.	I	II
Aves cantoras de tamaño medio y mediano.	Passeriformes.	I	II

Fuente: Modificado de Haas, D. et al (2003)³³

