

**MÉTODOS PARA LA PREVENCIÓN DE FALLAS OCASIONADAS POR AVES Y  
OTROS ANIMALES EN REDES ELÉCTRICAS AÉREAS**

**ALEJANDRO ARIZA SALAZAR  
JESÚS ALBERTO GUTIÉRREZ CHAPARRO**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA  
2017**

**MÉTODOS PARA LA PREVENCIÓN DE FALLAS OCASIONADAS POR AVES Y  
OTROS ANIMALES EN REDES ELÉCTRICAS AÉREAS**

**ALEJANDRO ARIZA SALAZAR  
JESÚS ALBERTO GUTIÉRREZ CHAPARRO**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electricista**

**Director:  
OSCAR ARNULFO QUIROGA QUIROGA  
Doctor en Ciencias con Énfasis en Ingeniería Eléctrica**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA  
2017**

## DEDICATORIA

*Para mi mamá Alba Luz, por su amor y comprensión. Por ser la persona que ha forjado mi carácter y me ha ayudado a convertirme en la persona que soy, gracias por amarme incondicionalmente.*

*Para mi hermano Diego Armando rivera, gracias por la complicidad, los consejos, y el apoyo absoluto en las pocas decisiones que he tomado en mi vida.*

*Y por supuesto gracias a Dios.*

Alejandro Ariza Salazar.

## DEDICATORIA

*Primero que todo para Dios que guía y fortalece mi vida.*

*Para mis padres Alberto Gutiérrez Avellaneda y Belén Chaparro Corredor quienes, con su amor, comprensión, consejos y valentía, hicieron de mí una buena persona y me ayudaron a convertir este sueño en una realidad. Los amores de mi vida.*

*Para mis hermanos Ángelo, Cristian y Juan David quienes son parte esencial en mí existir, los amo.*

*Para Alba Rocío Gómez, quien estuvo ahí con sus consejos y apoyo incondicional en varias etapas de mi carrera universitaria.*

*Para mis padrinos Julio Corredor y Mercedes Cabrera, por acompañarme y ayudarme en el todo el proceso de formarme como ingeniero.*

*Mil gracias Dios por hacer realidad este sueño.*

Jesús Alberto Gutiérrez Chaparro.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores queremos expresar nuestros más sinceros agradecimientos a todas las personas que ayudaron en la realización de este proyecto, en especial al Director de esta investigación, el profesor Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga, por la orientación y supervisión de este trabajo y por sus valiosas enseñanzas en nuestro proceso de formación.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	16
1.INTERACCIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS CON LOS ECOSISTEMAS .....	18
1.1. CONTAMINACIÓN ACÚSTICA Y ELECTROMAGNÉTICA .....	18
1.1.1. Medición del campo eléctrico.....	20
1.1.2 Medición del campo magnético.....	22
1.2 CAMBIOS EN EL HÁBITAT .....	24
1.3 CONTAMINACIÓN VISUAL Y PAISAJÍSTICA.....	25
1.4 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.....	28
1.5 INTERACCIÓN DE LOS TENDIDOS ELÉCTRICOS CON LA FAUNA .....	29
2. ELECTROCUCIÓN DE AVES EN LÍNEAS ELÉCTRICAS .....	33
2.1 FACTORES QUE FAVORECEN LA ELECTROCUCIÓN DE LAS AVES .....	35
2.2 CONFIGURACIONES Y DISPOSICIONES “POSTES Y CRUCETAS” QUE FAVORECEN LA ELECTROCUCIÓN DE LA AVIFAUNA .....	38
2.3 ASPECTOS DE LOS ECOSISTEMAS QUE FAVORECEN EL RIESGO DE ELECTROCUCIÓN.....	45
2.4 PÉRDIDAS REGISTRADAS DEBIDO A FALLAS OCASIONADAS POR AVES Y OTROS ANIMALES.....	46
3. ESPECIES DE ANIMALES MÁS AFECTADAS POR LA ELECTROCUCIÓN EN REDES ELÉCTRICAS AÉREAS.....	50
3.1 ESTADOS UNIDOS.....	51
3.2 ÁFRICA.....	52
3.3 EUROPA.....	53

3.4 ESPAÑA.....	55
3.5 AMÉRICA LATINA.....	59
3.5.1 Chile.....	59
3.5.2 México.....	60
3.5.3 Colombia.....	61
4. MÉTODOS PARA PREVENIR LOS CONTACTOS DE LA FAUNA CON LOS TENDIDOS ELÉCTRICOS .....	63
5. CONCLUSIONES .....	81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
BIBLIOGRAFÍA.....	85

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Perfil transversal de una línea de alta tensión. ....	21
Figura 2. Geometrías típicas de las sondas para la medición de campo eléctrico: (a) sonda esférica, (b) sondas comerciales en EEUU. ....	21
Figura 3. Bucle conductivo de campo cuasi estático uniforme B. ....	23
Figura 4. Comportamiento del campo eléctrico y magnético en una línea de transporte eléctrico. ....	23
Figura 5. Interferencia de la red eléctrica en el medio natural. ....	25
Figura 6. Centenar de aves posadas sobre el cableado eléctrico. ....	26
Figura 7. Electrocutación en redes de distribución. ....	27
Figura 8. Zona de servidumbre y ubicación de apoyos de una línea de transmisión. .....	28
Figura 9: Beneficios de los tendidos eléctricos que provocan accidentes de electrocutación y colisión en la fauna. ....	30
Figura 10. (a) electrocutación por contacto fase-fase, (b) electrocutación por contacto fase tierra. ....	31
Figura 11. Águilas posadas sobre una torre de distribución. ....	32
Figura 12. Electrocutación de aves en postes de distribución de energía. ....	34
Figura 13: Razones que potencian el riesgo de electrocutación. ....	36
Figura 14. Clasificación de familias y susceptibilidad de colisión-electrocutación en base a morfología alar. ....	37
Figura 15: Aisladores para media tensión: (a) aislador tipo alfiler, (b) aislador tipo poste. ....	40
Figura 16. Apoyos utilizados para distribución de energía en media tensión. ....	41
Figura 17: Poste de alineación con montaje cero con aisladores rígidos y conductores por encima de la cruceta. ....	42
Figura 18: Apoyo de fin de línea con seccionador de corte al aire situado en el vástago. ....	43
Figura 19: Apoyo de alineación tresbolillo con aisladores rígidos. ....	43
Figura 20: Apoyo de alineación con montaje uno y aisladores rígidos. ....	44
Figura 21: Apoyo tresbolillo con aisladores suspendidos. ....	45
Figura 22: Interferencia de la red eléctrica en el entorno natural. ....	46
Figura 23: Fallas en el sistema de distribución de EEUU (datos tomados entre 1987 y 1990) ....	47
Figura 24. Águilas de Swainson electrocutadas. ....	51
Figura 25: Flamencos colgados por la comunidad Wayuu tras ser encontrados muertos por interacción con líneas eléctricas. ....	62
Figura 26: Medidas de protección en poste tresbolillo: (a) abrazaderas; (b) barandilla; (c) triángulo. ....	67

Figura 27: Aislantes en todas las partes peligrosas de la estructura: (a) tubos de PVC en la cruceta y placa debajo de la fase central; (b) laminas geotextiles en la cruceta y placa bajo la fase central.....	68
Figura 28: Tubos de PVC en los travesaños. ....	69
Figura 29: Pletinas rectangulares en el travesaño. ....	70
Figura 30: Tubos de PVC para aislar el conductor. ....	71
Figura 31: Diseño poste canadiense.....	74
Figura 32: (a) cruceta plástica para evitar el apoyo de aves, (b) cruceta de madera para evitar la electrocución por contacto fase-tierra. ....	75
Figura 33: (a) águila pescadora anidando en plataforma de anidación artificial en línea de transmisión en Alemania; (b) cigüeña anidando en dispositivo artificial en Argelia.....	79

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Niveles máximos permitidos de exposición a campos electromagnéticos.....	19
Tabla 2. Interrupciones y fallas ocasionadas por animales y otros problemas en sistemas de distribución de energía (EEUU). ....	48
Tabla 3. Especies de rapaces muertas en líneas eléctricas de Europa (Francia, Alemania y España).....	54
Tabla 4: Especies más afectadas por la electrocución en los últimos años. España. ....	55
Tabla 5. : Número de electrocuciones presentadas en los últimos años en España. ....	57
Tabla 6. Reporte de aves electrocutadas en líneas de Chile. s/i: Sin información. AR: Actores relevantes. CRAR: Centro de rehabilitación de aves rapaces. ....	60
Tabla 7: Ventajas y desventajas obtenidas en la aplicación de cada método. ....	71
Tabla 8: Equipos de aislamiento para protección de la vida silvestre. ....	76

## RESUMEN

**TÍTULO:** MÉTODOS PARA LA PREVENCIÓN DE FALLAS OCASIONADAS POR AVES Y OTROS ANIMALES EN REDES ELÉCTRICAS AÉREAS\*.

**AUTORES:** ALEJANDRO ARIZA SALAZAR  
JESÚS ALBERTO GUTIÉRREZ CHAPARRO\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Electrocutación, colisión, red eléctrica, cortocircuito, ave, pérdidas.

**DESCRIPCIÓN:** La fauna y especialmente la avifauna interactúan notablemente con los tendidos eléctricos. Esta interacción puede resultar perjudicial para el desempeño de la red debido a las fallas que pueden ocurrir y a la corrosión de materiales, que es causada por los excrementos. En las redes aéreas, los contactos con aves y otros animales son una de las principales causas de interrupciones en el suministro de energía y así disminuyen la calidad del servicio eléctrico. Desde el punto de vista de los usuarios y los operadores a su vez, las interrupciones del suministro representan costos importantes.

No obstante, desde el punto de vista de los ecosistemas, los tendidos eléctricos pueden resultar también perjudiciales dado que los animales pueden morir ya sea por colisión (exclusiva para aves) o por electrocución.

La interacción entre la fauna y las redes eléctricas es un problema con consecuencias de parte y parte, por tal razón se deben buscar soluciones de mitigación, especialmente para los nuevos tendidos eléctricos. Para estos es más fácil implementar una solución que para aquellas redes que ya se encuentran en funcionamiento. Algunas soluciones son, por ejemplo, modificar las distancias de aislamiento, las estructuras, etc. Con estos simples cambios se logran beneficios para ambas partes: disminución en la electrocución de animales y reducción en las fallas de la red.

En el presente trabajo de grado se revisan y comparan los métodos que permiten minimizar los accidentes que involucran a la fauna con los tendidos eléctricos. Adicionalmente se resaltan ejemplos que muestran resultados de la implementación de algunos métodos y su impacto en la continuidad del servicio de energía eléctrica.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones Director: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga Doctor en Ciencias con Énfasis en Ingeniería Eléctrica

## ABSTRACT

**TITLE:** MÉTODOS PARA LA PREVENCIÓN DE FALLAS OCASIONADAS POR AVES Y OTROS ANIMALES EN REDES ELÉCTRICAS AÉREAS.\*

**AUTHORS:** ALEJANDRO ARIZA SALAZAR  
JESÚS ALBERTO GUTIÉRREZ CHAPARRO\*\*

**KEYWORDS:** Electrocutation, Collision, Electric grid, Short circuit, ave, Losses.

**DESCRIPTION:** The wild life and especially the bird life interact remarkably with the electrical lines. This interaction may be detrimental to the performance of the network due to faults that may occur and corrosion of materials, which is caused by excreta. In the air networks, contacts with birds and other animals are one of the main causes of interruptions in the power supply and thus decrease the quality of the electric service. From the point of view of users and operators in turn, supply disruptions represent significant costs.

However, from the point of view of ecosystems, electric lines can also be detrimental since the animals can die either by collision (bird-only) or by electrocution.

The interaction between wild life and electricity networks is a problem with consequences of part and part, for that reason should be sought mitigation solutions, especially for new power lines. For these it is easier to implement a solution than for those networks that are already in operation. Some solutions are, for example, to modify the isolation distances, the structures, etc. With these simple changes benefits are achieved for both parts: decrease in the electrocution of animals and reduction in the network failures.

In the present degree project are reviewed and compare the methods that allow to minimize the accidents that involve the wild life with the electric lines. Additionally, examples that show the results of the implementation of some methods and their impact on the continuity of the electric power service are highlighted.

---

\* Project of grade

\*\* Faculty of Mechanical Engineering Mechanical School of Electrical, Electronics and Telecommunications Engineering Director: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga PhD in Sciences with Emphasis in Electrical Engineering

## INTRODUCCIÓN

Las líneas de transmisión y las redes de distribución eléctricas usualmente se disponen de forma aérea con el fin de aprovechar el aislamiento de aire y disminuir los costos de inversión en la infraestructura. Dicha infraestructura, al quedar expuesta al ambiente, genera impactos negativos en el ecosistema, dentro de los que se cuentan los riesgos para la fauna por colisión o electrocución (Decreto 47/2004 del 20 de Abril. Normas para la protección de las aves de los tendidos eléctricos). Los tendidos eléctricos constituyen un obstáculo para las aves de mediano y gran tamaño, debido a que impiden el libre desplazamiento de éstas, ocasionando colisiones que conllevan a la muerte del animal. A esto es necesario agregarle la electrocución que sufren los animales al posicionarse en las líneas y postes al hacer contacto con partes que se encuentran a diferente potencial eléctrico “fase tierra” o fase-fase debido por ejemplo en el caso de las aves, al despliegue de sus alas (Pilar, Septiembre del 2009).

Por otra parte, para el sistema eléctrico, no son deseables los acercamientos o colisiones de animales con las líneas o redes aéreas, dado que esto conlleva a fallas del sistema que se reflejan como interrupciones en el suministro de energía eléctrica (Pilar, Septiembre del 2009). Estas interrupciones del servicio eléctrico generan pérdidas económicas que son muy críticas especialmente en el sector industrial, e impactan negativamente en los índices de continuidad del suministro de los operadores de red.

Si bien esta problemática no es nueva, las líneas y redes se siguen diseñando y construyendo sin considerar los elementos necesarios para mitigar su impacto sobre el ecosistema. Por lo anterior, una vez construidas las líneas y redes, comienzan a presentarse los problemas, por lo tanto, es necesario el implementar acciones correctivas. En este trabajo de grado se estudian los diferentes métodos que pueden dar solución al problema ya mencionado, minimizando los impactos acarreados sobre el sistema eléctrico y también sobre la fauna y el ecosistema.

El documento se encuentra organizado en cuatro capítulos. En el primer capítulo se documentan y explican las implicaciones que tienen para los sistemas eléctricos y para la fauna los contactos accidentales con partes energizadas. En el segundo capítulo se presentan los factores que ocasionan la electrocución accidental de aves y otros animales en los tendidos eléctricos. El tercer capítulo consta de una documentación concisa de las especies más afectadas por la electrocución en tendidos eléctricos. Por ultimo en el cuarto capítulo se registran todos los posibles métodos que se han desarrollado a nivel

mundial, que permiten prevenir tanto la electrocución como el corte del suministro de energía, destacando las ventajas y desventajas de cada método.

## **1.INTERACCIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS CON LOS ECOSISTEMAS**

Los tendidos eléctricos son uno de los componentes fundamentales de las líneas de transmisión y de las redes de distribución de energía eléctrica, no obstante, su presencia ocasiona cambios en los ecosistemas. Las redes eléctricas se encuentran presentes en todo tipo de territorios y sus efectos son especialmente notorios en lugares donde hay alta concentración de animales.

La fauna y en especial las aves interactúan con estos tendidos eléctricos, los cuales son utilizados para colocar nidos y como punto de posicionamiento para tener una mejor visión a la hora de cazar (Pilar, Septiembre del 2009). Sin embargo, dichos tendidos también ocasionan gran cantidad de accidentes a la fauna del entorno, accidentes que, al causar fallas en la red y muerte en los animales, también son indeseados desde el punto de vista del funcionamiento del sistema eléctrico.

En este capítulo, se documentan los principales impactos de los tendidos eléctricos sobre los ecosistemas (Ferrer Baena, 2012).

### **1.1. CONTAMINACIÓN ACÚSTICA Y ELECTROMAGNÉTICA**

La contaminación acústica de los tendidos eléctricos se presenta por el ruido audible generado por el efecto corona al incrementarse los niveles de tensión. Este problema se debe a la naturaleza pulsante del campo electromagnético producido en los alrededores de los conductores debido a la presencia de pequeñas descargas a lo largo de los cables por los altos niveles de tensión.

Por otro lado, la contaminación electromagnética se debe a los campos eléctricos y magnéticos producidos por el paso de la corriente en los conductores de los tendidos eléctricos. La intensidad de estos campos depende del nivel de tensión, la impedancia de la línea y la configuración, entre otros factores.

Es necesario tener en cuenta que los campos electromagnéticos inducen corrientes en todos los objetos metálicos y en los seres vivos. Dichas inducciones de corriente y exposiciones prolongadas a estos campos electromagnéticos, conllevan a efectos secundarios y en algunos casos pueden ser perjudiciales para

la salud humana y para todos los seres vivos (Reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE, 2013).

En la **tabla 1** se muestran los valores máximos de campos eléctricos y magnéticos que están permitidos en Colombia por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas **RETIE**.

**Tabla 1. Niveles máximos permitidos de exposición a campos electromagnéticos.**

<b>TIPO DE EXPOSICIÓN</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO (kV/m)</b>	<b>DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO (µT)</b>
Exposición ocupacional en un día de trabajo de ocho horas.	8,3	1000
Exposición del público en general hasta ocho horas continuas.	4,16	200

FUENTE: *RETIE*.

Para conocer en qué porcentaje se está contaminando el ambiente, es necesario medir. La medición del campo electromagnético se efectúa siguiendo la metodología propuesta por la norma IEEE Std 644 (IEEE 644. Standard procedures for measurement of power frequency electric and magnetic fields from AC power lines, December 13 de 1994).

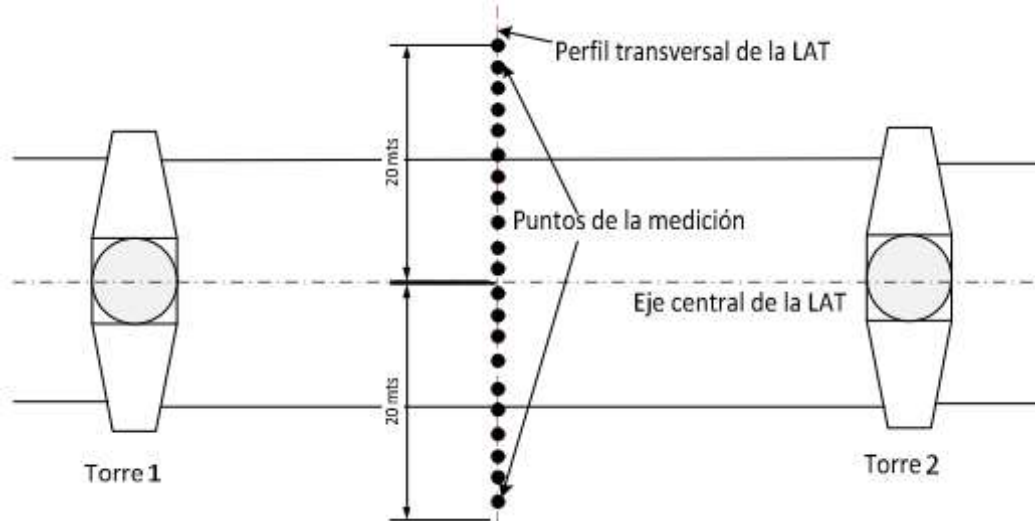
Para las líneas de alta tensión, el campo electromagnético se mide en la zona de servidumbre como se especifica en (IEEE 644. Standard procedures for measurement of power frequency electric and magnetic fields from AC power lines, December 13 de 1994), tomando como valor mínimo de exposición al máximo valor medido en el límite exterior de la zona de servidumbre (Reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE, 2013).

Para las redes de distribución y uso final, el valor de exposición debe medirse a partir de las distancias de seguridad, teniendo en cuenta la presencia de personas hasta por 8 horas (Reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE, 2013).

**1.1.1. Medición del campo eléctrico.** El campo eléctrico debajo de la línea, se mide a una altura de 1 [m] sobre el nivel del suelo, orientando el medidor utilizado a leer la componente vertical de este. Dichas mediciones deben efectuarse creando un perfil transversal de la línea como se muestra en la **fig. 1** a lo ancho de la zona de servidumbre (Rivadeneira, 2013). Para realizar la medición de intensidad de campo eléctrico, es necesario tener en cuenta lo siguiente (IEEE 644. Standard procedures for measurement of power frequency electric and magnetic fields from AC power lines, December 13 de 1994):

- La distancia entre el medidor y el operador debe ser de 2,5 [m] como mínimo.
- La distancia entre el medidor y los objetos no permanentes, debe ser de al menos 3 veces la altura del objeto.
- 
- La distancia entre el medidor y los objetos permanentes debe ser de por lo menos 1 [m].
- El perfil transversal del campo debe ser medido en intervalos iguales. Se deben realizar mínimo 5 mediciones debajo de los conductores.
- El perfil longitudinal debe ser medido en el lugar del eje de la línea en donde el campo es máximo.
- La temperatura a la que se efectúan las mediciones no puede ser muy diferente a la de calibración.
- Si la humedad es mayor del 80 % debe considerarse corriente de fuga.
- La imprecisión total debe ser menor al 10 %.

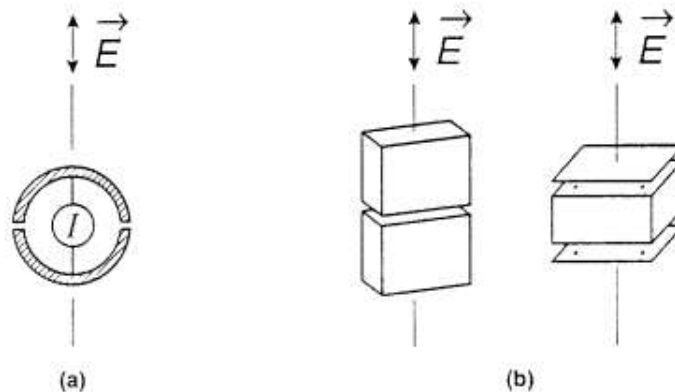
**Figura 1. Perfil transversal de una línea de alta tensión.**



FUENTE: Tomado de (Rivadeneira, 2013).

El medidor utilizado es el “Free Body meter de cuerpo libre”, conocido como medidor de potencial flotante. Este medidor se compone de 2 partes, la sonda y el detector. Para este caso el detector se encuentra dentro de la sonda, o es parte integral de esta. La sonda y el detector se introducen dentro del campo eléctrico a medir, por medio de una pértiga aislante. El detector mide la corriente inducida de estado estable entre las mitades conductoras de la sonda (Rugeles & Chacon, 2016). En la **fig. 2** se observan las geometrías típicas de las sondas para un medidor de campo eléctrico.

**Figura 2. Geometrías típicas de las sondas para la medición de campo eléctrico: (a) sonda esférica, (b) sondas comerciales en EEUU.**



FUENTE: IEEE Std 644.

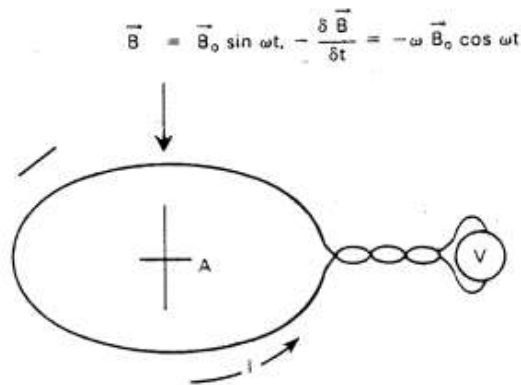
**1.1.2 Medición del campo magnético.** La medición del campo magnético se realiza debajo de los conductores de la línea y a una altura de 1 [m] sobre el nivel del suelo, al igual que la medición de campo eléctrico, por lo tanto, el procedimiento utilizado para esta medición es similar al caso de campo eléctrico (IEEE 644. Standard procedures for measurement of power frequency electric and magnetic fields from AC power lines, December 13 de 1994).

La diferencia en la medición está en los instrumentos de medida utilizados y en una serie de cuidados adicionales:

- Los objetos no permanentes que contengan materiales magnéticos o conductores como las cercas, deben estar alejadas del punto de medición como mínimo 3 veces la dimensión más grande del objeto.
- El operador puede permanecer cerca de la sonda.
- La polarización del campo magnético debe ser la adecuada.
- Es necesario anotar los valores del campo magnético máximo y campo magnético resultante que es igual a la densidad de flujo magnético total rms.
- Es necesario observar que, en campos polarizados elíptica o circularmente, la componente de campo magnético máximo es mayor que componente resultante en un 41%.

Para efectuar la medición de intensidad de campo magnético se utilizan medidores con sondas de ejes simples y medidores con sondas de 3 ejes. El primero se utiliza para medir campos magnéticos constantes, y debe estar orientado a medir la componente máxima. El segundo tipo de medidor se utiliza para campos variables y polarizados respectivamente. En la **fig. 3** se puede observar un bucle inductivo para un medidor de campo magnético.

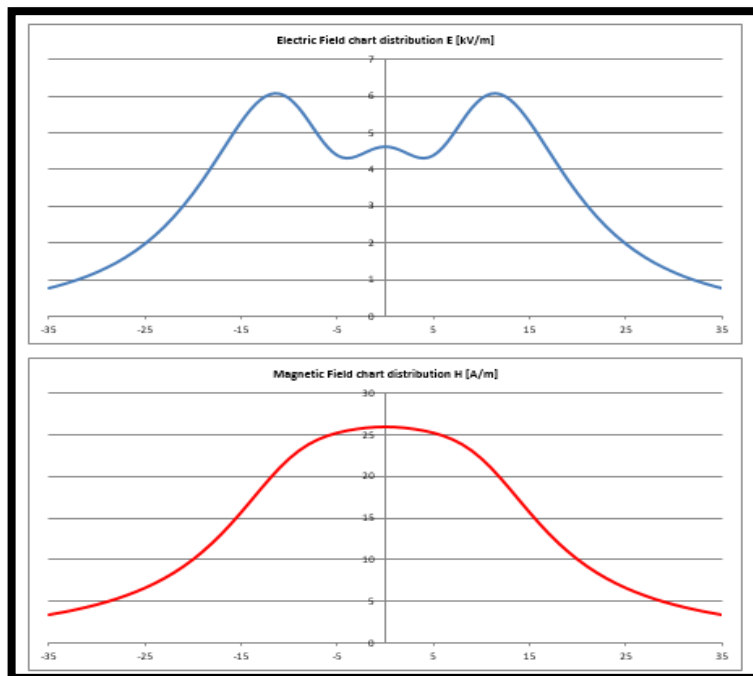
**Figura 3. Bucle conductivo de campo cuasi estático uniforme B.**



**FUENTE:** *IEEE Std 644.*

“La magnitud de los campos electromagnéticos generados por una línea de transmisión y distribución, se pueden reducir con el aumento en el calibre del conductor”.

**Figura 4. Comportamiento del campo eléctrico y magnético en una línea de transporte eléctrico.**



**FUENTE:** *Tomado de (Rivadeneira, 2013).*

Lo más importante de las mediciones es el observar cómo se comportan los campos eléctricos y magnéticos (**fig.4**) en las líneas de transmisión, así como la intensidad máxima que se puede llegar a obtener en la zona de servidumbre y alrededores de la línea.

La intensidad de los campos electromagnéticos disminuye a medida que la medición se aleja de los conductores energizados. En la parte superior de la **fig. 4** se puede observar que el campo eléctrico tiene mayor intensidad cuando se acerca más a los conductores externos de la línea y comienza a disminuir al salir de la zona de servidumbre. Lo mismo sucede al realizar y graficar las mediciones del campo magnético, la diferencia se basa en que éste presenta su valor máximo debajo de la fase central como se puede evidenciar en la parte inferior de la **fig. 4**.

## 1.2 CAMBIOS EN EL HÁBITAT

Los tendidos eléctricos provocan cambios en el entorno y pueden causar los siguientes efectos en el medio natural: daños en el entorno natural debido a la necesidad de limpiar y hacer un camino de servidumbre por donde va pasar la línea, talando árboles, creando calles desarboladas que seccionan el paisaje, entre otros. Esto puede traer como consecuencia la migración de las especies que habitan la zona.

Las grandes torres que sostienen los conductores en líneas de transmisión y el ruido que puede ser generado por los altos niveles de tensión de la línea o por la presencia de corona en los conductores puede provocar la migración y el cambio en los hábitos de las especies animales que habitan las cercanías de los tendidos eléctricos (Hernandez Fernández).

En la **fig. 5** se puede evidenciar la fragmentación y segmentación del territorio debido a la presencia de la red eléctrica, que impacta en los suelos y la masa vegetal del ecosistema, donde la eliminación de la vegetación debajo del cableado, provoca la proliferación de maleza que puede incrementar el riesgo de incendios.

**Figura 5. Interferencia de la red eléctrica en el medio natural.**



**FUENTE:** AVES Y TENDIDOS Aves y tendidos eléctricos [en línea] disponible en: <http://www.avesytendidos.org/aves-y-tendidos-el%c3%a9ctricos>.

Los tendidos eléctricos introducen cambios en el entorno natural y en muchos casos son determinantes en accidentes por electrocución y colisión de animales, especialmente aves.

### **1.3 CONTAMINACIÓN VISUAL Y PAISAJÍSTICA**

La presencia de los tendidos eléctricos provoca cambios visuales en el paisaje que son percibidos por los animales, especialmente por la avifauna (Ferrer Baena, 2012) y (Molina, 27 y 28 de marzo del 2003).

La modificación del entorno paisajístico, se presenta por la adición de nuevos elementos como las torres y crucetas que sostienen los conductores de los tendidos eléctricos, llamando la atención de todas las especies animales.

Los tendidos eléctricos están siendo utilizados por una gran cantidad de especies de aves como posaderos y sitios para anidar, sustituyendo así los apoyos que proporciona el medio natural. En la **fig. 6** se observa a una gran cantidad de aves utilizando el tendido eléctrico como posadero y sitios de descanso.

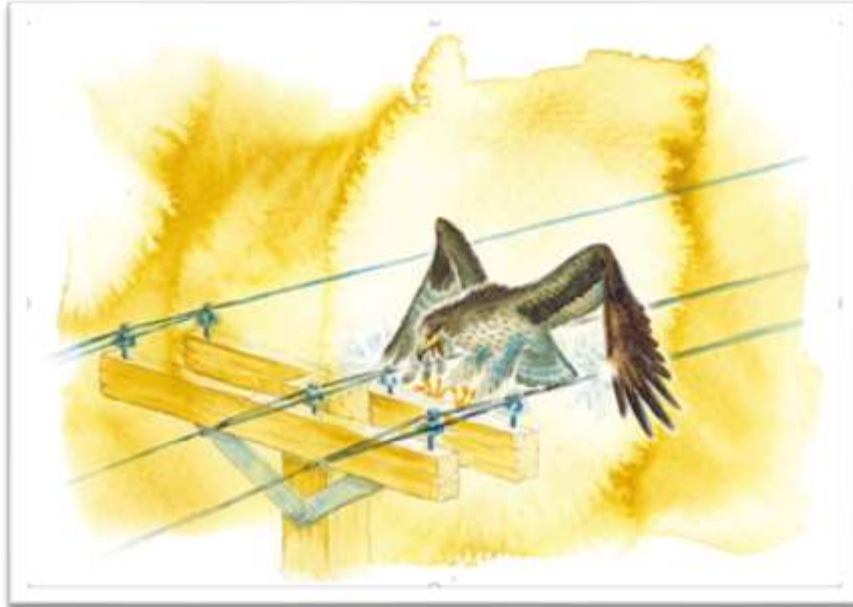
**Figura 6. Centenar de aves posadas sobre el cableado eléctrico.**



**FUENTE:** AGENCIAS INC El Marm destina 13 millones para proteger a las aves en los tendidos eléctricos [en línea] disponible en: <http://www.agenciasinc.es/Noticias/El-MARM-destina-13-millones-para-proteger-a-las-aves-de-los-tendidos-electricos>.

La sustitución de los apoyos está ocasionando graves problemas de electrocución en las aves por el contacto que se presenta con las partes energizadas de la línea. Dicho problema se traduce en la muerte del ave y la falla en el sistema por el cortocircuito generado. Ver **fig. 7**.

**Figura 7. Electrocuación en redes de distribución.**



**FUENTE:** GRAFIKO MUNIK Tendidos [en línea] disponible en: <http://www.grafikomunik.com/es/ilustra/tendidos.html>.

Otro problema es la colisión de aves, pues se presenta en todo tipo de líneas, y se genera debido a que las líneas eléctricas son un obstáculo que impide el libre vuelo de las aves, especialmente en días de niebla y bruma, pues pasan desapercibidas para las grandes aves durante el vuelo e impactan contra ellas, muriendo en el acto o en los siguientes días (ya que, si quedan inutilizadas las alas o quedan heridas de importancia, no podrán sobrevivir).

Todos estos cambios visuales en el ecosistema están ocasionando problemas para la preservación de las especies animales, pues los accidentes presentados con estos elementos de las redes eléctricas aéreas están llevando a la muerte a muchas especies de aves.

La construcción de una línea conlleva un grave impacto sobre el medio, debido a que es necesario talar todos los árboles y quitar todo para crear una calle limpia y desarbolada “zona de servidumbre” por donde va a pasar la línea. En la **fig. 8** se observa cómo se destruye el hábitat natural debido la construcción de una línea de transmisión, pues es necesario crear una zona de servidumbre en donde se fragmenta y se destruye el hábitat, que provoca el desplazamiento y la desorientación de las especies de animales que habitan el territorio por donde va a pasar la línea.

**Figura 8. Zona de servidumbre y ubicación de apoyos de una línea de transmisión.**



**FUENTE:** FUNDACION SUSTRAI Informe los impactos una nueva línea alta tensión entre Tafalla e Itsaso gipuzkoa [en línea] disponible en: <http://fundacionsustrai.org/informe-los-impactos-una-nueva-linea-alta-tension-entre-tafalla-e-itsaso-gipuzkoa>.

#### **1.4 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA**

Los tendidos eléctricos, especialmente los de alta tensión, generan ozono troposférico alrededor de los cables que conducen la potencia eléctrica debido a la ionización del aire, producido por el efecto corona que se presenta en dichas líneas cuando el gradiente de potencial eléctrico supera la rigidez dieléctrica del aire de aproximadamente 30 kV/cm a presión atmosférica normal (Rugeles & Chacon, 2016). Si la magnitud del campo eléctrico generado por la línea supera cierto valor, entonces el movimiento de las cargas produce choques entre ellas en donde se disipa una gran cantidad de energía que produce recombinaciones químicas entre las moléculas del aire que se encuentra alrededor de los conductores del tendido eléctrico (Sector electricidad. comunidad de profeciones en ingeniería eléctrica, 2013). Este proceso químico libera al espacio nuevas moléculas, y la recombinación e ionización de algunas de estas contribuye con el alza de los niveles de ozono troposférico generado por todas las actividades industriales que se llevan a cabo a gran escala. El ozono en grandes

concentraciones produce efectos sobre la salud, corrosión en los conductores, y pueden llegar a favorecer negativamente a determinados cultivos (Pedro).

El aire ionizado alrededor de los conductores de la línea por la presencia de corona es químicamente activo, ya que también produce monóxido de nitrógeno que luego evoluciona a dióxido de nitrógeno y a ácido nítrico en ambientes donde la presencia de humedad es alta.

Estos gases contaminantes se producen en mayor cantidad cuando la línea de transporte eléctrico se encuentra ubicada en cercanías de zonas industriales, pues el tendido eléctrico combina “junta” todos estos agentes químicos, que luego son esparcidos por el viento.

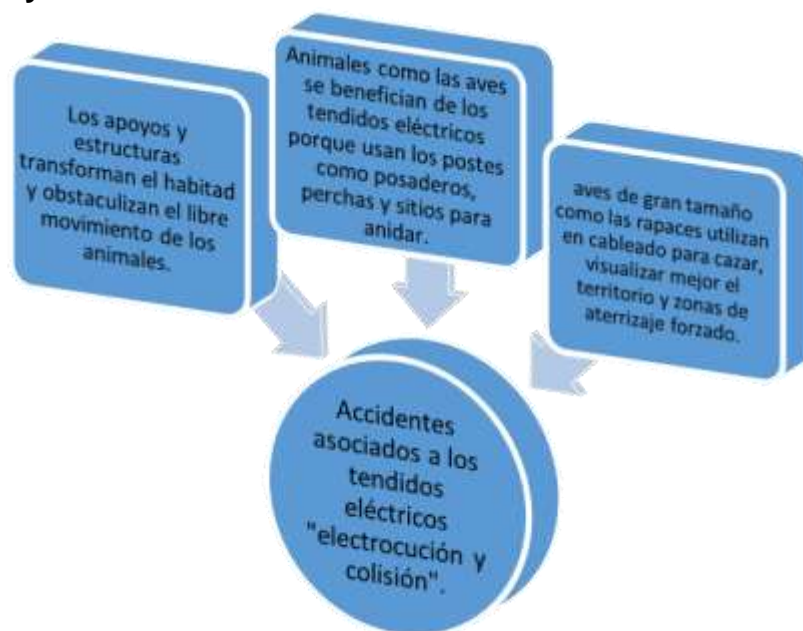
Estudios realizados muestran que una pérdida de corriente de 0'1 mA/m en una línea de transmisión puede producir  $6,25 * 10^{14}$  [iones/metro-segundo] que son emitidos a la atmósfera. Por otro lado, las mediciones llevadas a cabo en líneas de alta tensión de España, señalan que, a 1,80 m de altura, hay un 20 % de aerosoles y gases contaminantes que están cargados o llevan exceso de carga (Pedro).

## **1.5 INTERACCIÓN DE LOS TENDIDOS ELÉCTRICOS CON LA FAUNA**

La aparición y expansión de las redes eléctricas aéreas debido a la demanda energética solicitada para cubrir las necesidades de la sociedad, han establecido una estrecha relación entre estas redes y la fauna “aves” (Hernandez Fernández), (Molina, 27 y 28 de marzo del 2003), ya que están presentes en todo tipo de territorio, invadiendo el hábitat de los animales. Las estructuras y los tendidos de la red, son de gran utilidad para una gran cantidad de especies de aves como posaderos, lugares de reposo y sitios para acentuar los nidos, entre otros, sustituyendo los arboles por las estructuras de los tendidos eléctricos, debido a la disminución de las zonas boscosas y el hábitat (Ferrer Baena, 2012). Por otro lado, otros animales como los ciervos, mamíferos de poco tamaño, reptiles y carnívoros, utilizan estos amazones de los tendidos para acicalar sus cuernos, refugio y marcación de territorios respectivamente (Molina, 27 y 28 de marzo del 2003). Toda esta presencia de la fauna en las redes eléctricas, en la mayoría de los casos conlleva a problemas en este tipo de instalaciones, propiciando cortes del servicio de energía eléctrica debido a las fallas que se pueden presentar.

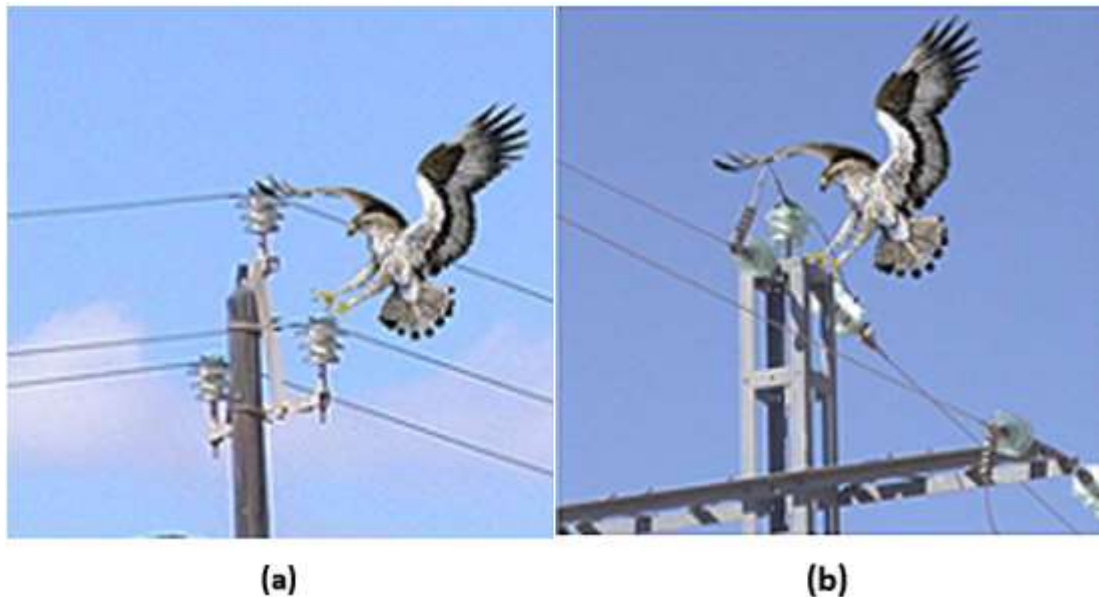
Las consecuencias e impactos que tienen los tendidos eléctricos en el paisaje son abundantes, entre los cuales los más destacados son los siguientes (auditivos, visuales y electromagnéticos. Mencionados anteriormente), conllevando a cambios en el hábitat que en la mayoría de los casos pasan desapercibidos por la fauna, transformando la vida del hábitat natural, ocasionando accidentes indeseables que afectan tanto a la infraestructura eléctrica como a la fauna. En este caso las aves son las más afectadas y las que más sufren con este cambio, pues los postes y estructuras son usados por una gran cantidad de especies de aves como posaderos, llegando hasta la construcción de nidos. Esta relación entre los tendidos eléctricos y la fauna (**fig. 9**) está llevando a una gran cantidad de aves a la muerte por electrocución y colisión con las redes eléctricas aéreas (Ferrer Baena, 2012). Las aves, protagonistas más destacadas de la sensibilización de la sociedad por la conservación de la naturaleza se ven muy afectadas directamente por el cableado aéreo en el medio natural. Las cifras registradas de accidentes de aves en instalaciones eléctricas han generado preocupación en los agentes sociales públicos y privados relacionados con el transporte y distribución de energía o con la conservación de la naturaleza. Numerosos trabajos de investigación han puesto de manifiesto, desde hace algunos años, que los accidentes en líneas eléctricas “electrocución y colisión”, constituyen una de las causas más importantes de mortalidad inducida por el hombre en especies de aves y un motivo determinante de la reducción de sus poblaciones (Decreto 47/2004 del 20 de Abril. Normas para la protección de las aves de los tendidos eléctricos), (Ferrer Baena, 2012) y (Molina, 27 y 28 de marzo del 2003).

**Figura 9: Beneficios de los tendidos eléctricos que provocan accidentes de electrocución y colisión en la fauna.**



La relación entre las aves y los tendidos eléctricos presenta en general un grave peligro para las partes involucradas, debido al uso que les dan las aves a las redes eléctricas, por lo tanto, desde el punto de vista de los operadores de red y los consumidores presentan problemas indeseables como los cortes de suministro energético. Estos problemas se presentan según el uso que den las aves como tal. En el caso de la nidificación, provoca frecuentemente problemas en el servicio energético por contactos fase-fase y fase-tierra (**fig. 10**), que se dan cuando el ave toca la estructura y el conductor o cuando tocan dos conductores a la vez “simultáneamente”, provocando cortocircuitos y sobretensiones, que así mismo causan el disparo de las protecciones en las líneas, e incluso se pueden generar incendios debido al arco eléctrico que se presenta.

**Figura 10. (a) electrocución por contacto fase-fase, (b) electrocución por contacto fase tierra.**



**FUENTE:** MURCIA NATURAL Casuistic [en línea] disponible en: <http://www.murcianatural.carm.es/europa/life00214/casuistica.htm>.

Los accidentes que se pueden generar por la presencia de las aves en los tendidos eléctricos, son principalmente dos: la electrocución en la estructura o poste y la colisión con los conductores de las líneas. En este documento nos vamos a centrar en la electrocución de las aves, que es un problema muy frecuente y el causante de daños en los sistemas eléctricos. La electrocución se produce especial mente por contacto entre dos fases o conductores de la línea, o, por el contacto de una fase y la estructura, produciendo una falla fase-tierra, que es muy frecuente y que a su vez ocasiona la muerte de aves (**fig.10**). Este problema de electrocución se ve muy a menudo en las líneas de distribución,

debido a la separación de los conductores, “distancia de los aisladores y dimensiones de los apoyos y crucetas”. La muerte de las aves se produce debido al paso de la corriente por el cuerpo de estas, aunque en algunos casos en que la descarga eléctrica no es fatal (Pilar, Septiembre del 2009), la muerte se puede presentar por la caída del ave desde la torre. Estos problemas de electrocución, se presentan más en aves de mediano y gran tamaño que se posan en los apoyos como se puede evidenciar en la **fig. 11** (Patricia, 2007). En este caso la electrocución puede ocurrir 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 es menor a la altura del ave (cabeza-pata) (Gonzalo., mayo de 2014).

**Figura 11. Águilas posadas sobre una torre de distribución.**



**FUENTE:** MERCANTIL ELECTRICO [en línea] disponible en: [http://mercantilelectrico.blogspot.com.co/2012\\_11\\_01\\_archive.html](http://mercantilelectrico.blogspot.com.co/2012_11_01_archive.html).

“La electrocución de la avifauna en líneas eléctricas es resultado del rápido crecimiento de la infraestructura eléctrica, asociados a que no se considera la protección de las aves en los procesos de diseño y construcción de los tendidos eléctricos” (Pilar, Septiembre del 2009).

## 2. ELECTROCUCIÓN DE AVES EN LÍNEAS ELÉCTRICAS

La electrocución de la avifauna en los tendidos eléctricos es el resultado del rápido crecimiento de la población humana y de su necesidad de energía (Patricia, 2007). La electrocución de la avifauna en el cableado eléctrico es un problema muy grave que no solo afecta a las aves, sino que también afecta en gran proporción a la economía local, pues los elevados cortes de energía generados por la electrocución conllevan a grandes pérdidas económicas para la industria y para el pueblo en general (Taylor, April 1995).

La electrocución de las aves puede llegar a provocar incendios forestales, ya que en la mayoría de los casos se incendian las plumas de las aves por causa del arco eléctrico generado y que conlleva a una gran variedad de problemas como: daño de equipos, destrucción y pérdidas en el hábitat, extinción de especies amenazadas y graves fluctuaciones en la economía local, entre otros.

Todos los cortes en el suministro de energía eléctrica producido por la electrocución de aves se traducen en grandes pérdidas económicas para toda la población en general, pues la restauración del servicio energético se da solo cuando los OR verifican y solucionan la falla.

Los operadores de red ven claramente las consecuencias de la electrocución de aves, pues el cableado de los tendidos eléctricos sufre graves daños por este problema, ya que a medida que se electrocutan las aves, como se ve en la **fig. 12**, se deterioran los conductores por las grandes corrientes circulantes debido al arco eléctrico generado por la falla ocasionada.

**Figura 12. Electrocción de aves en postes de distribución de energía.**



**FUENTE:** MURCIA EN CLAVE AMBIENTAL [en línea] disponible en: <http://www.murciaenclaveambiental.es/?idRe=161>.

El cortocircuito creado por el contacto de los animales con los conductores y estructuras (contacto entre dos elementos a diferente potencial), puede ocasionar fallos de aislamiento en la instalación, debido al sobrecalentamiento en los conductores y equipos. En el peor de los casos las fallas por electrocución pueden llegar a provocar la destrucción total de todos los equipos del sistema eléctrico. Es necesario tener en cuenta que un cortocircuito puede ocasionar la ruptura de los conductores por las fuerzas de atracción y repulsión entre estos, debido al campo magnético creado alrededor (Hernandez Fernández) y (Mejía & Villegas).

Los accidentes que se ocasionan por las interacciones entre la avifauna y los tendidos eléctricos se han estudiado en algunos países como, por ejemplo: Francia, Gran Bretaña, Australia, EE. UU, Suiza, Japón, Austria y España entre otros (Bayle, 1999) y (Ferrer Baena, 2012).

La mayoría de los accidentes presentados, se aumentan en zonas desérticas y en terrenos llanos con un porcentaje de incidencia del 78%; encontrando quemaduras graves en las patas y en el pico de las aves muertas, señalando que el problema se debe a aves que posan y tocan los conductores al moverse en la estructura. Lo más común es que las aves hagan contacto entre un conductor y la estructura, creando una falla fase tierra y a su vez provocando la muerte inmediata del animal.

Los estudios ya realizados en estos países mencionados anteriormente han revelado que, en las líneas de alta y extra alta tensión, no se presentan accidentes de electrocución de aves debido a la gran separación entre conductores. En cambio, en las líneas de baja y media tensión los accidentes de este tipo se presentan en gran cantidad y frecuencia, aproximadamente 195 electrocuciones por año en los años de estudio.

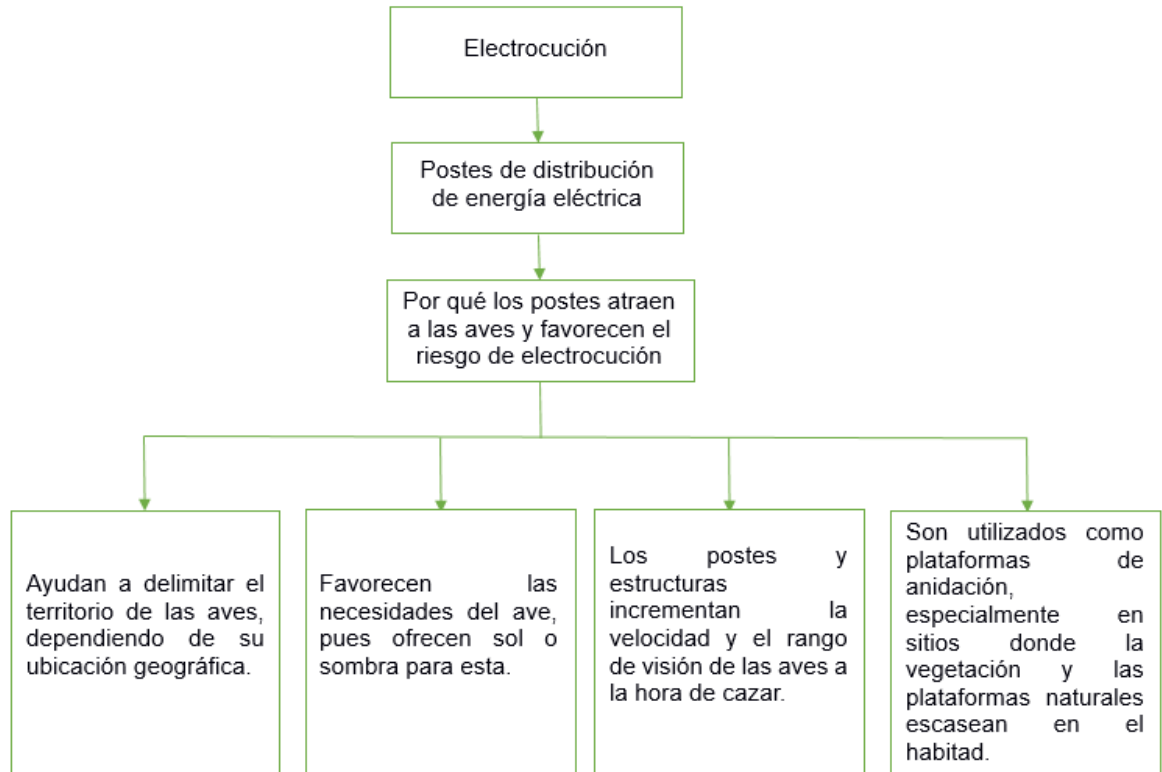
La presencia de estos tendidos, que carecen de aislamiento con medidas anti-electrocución para aves, es una auténtica trampa especialmente para las aves rapaces y otras especies de mediano y gran tamaño. Sin embargo, no son las únicas especies que mueren electrocutadas al posarse o colisionar con los tendidos eléctricos.

## **2.1 FACTORES QUE FAVORECEN LA ELECTROCUCIÓN DE LAS AVES**

Los tendidos eléctricos son sistemas que se encuentran ubicados en todo tipo de territorio, especialmente en el ambiente natural, lo cual hace que estas instalaciones tengan una gran cantidad de interacciones con la fauna (Pilar, Septiembre del 2009). Al ser elementos presentes en todo el ambiente natural, son utilizados por una gran cantidad de aves como sitios para anidar, lugares de reposo, perchas y posaderos. En el caso de las rapaces utilizan las estructuras del cableado eléctrico para tener una mayor visualización a la hora de cazar.

Los postes de los tendidos eléctricos atraen a la fauna, especialmente a las aves por diferentes razones (Patricia, 2007). En la **fig. 13** se dan conocer algunas de las razones por la cual se presenta la electrocución en las redes eléctricas de media tensión.

**Figura 13: Razones que potencian el riesgo de electrocución.**



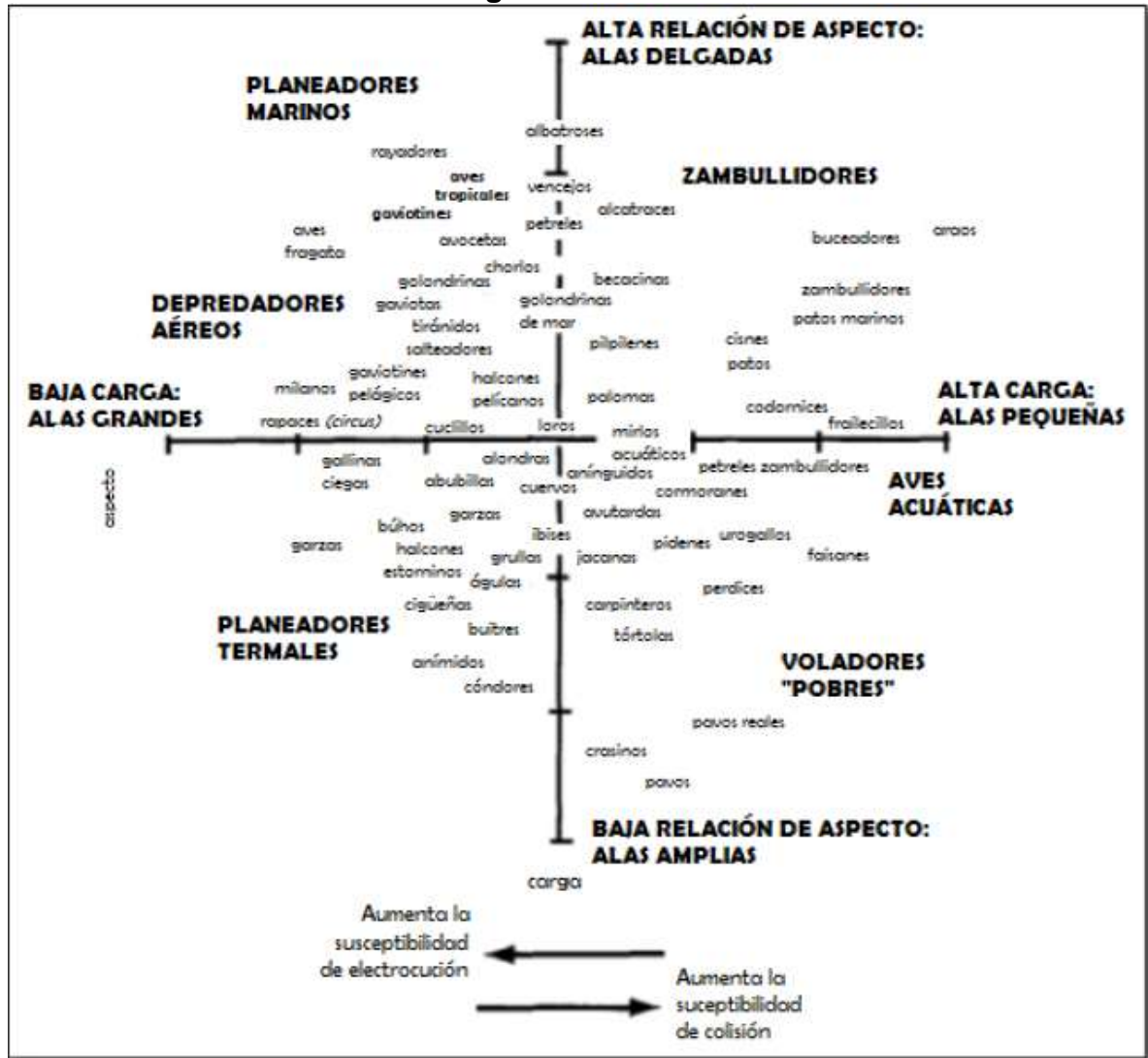
Las causas y circunstancias que hacen que un ave se electrocute son las siguientes:

**La especie:** Las aves de gran envergadura y tamaño son las que tienen mayor probabilidad de electrocutarse.

Las aves que más se electrocutan en los tendidos eléctricos son las rapaces como las águilas, debido a la alta utilización que les dan a los postes de los tendidos para cazar.

Investigaciones en morfología alar realizadas por Janss en el año 2000 (Manville), proponen seis grupos de aves, de entre los cuales los planeadores termales y los predadores aéreos de mediano y gran tamaño, serían más propensos a ser víctimas de electrocución (**fig. 14**).

Figura 14. Clasificación de familias y susceptibilidad de colisión-electrocución en base a morfología alar.



FUENTE: Janss 2000 (Gonzalo., mayo de 2014).

**La edad:** Las aves más jóvenes carecen de la experiencia y control de vuelo que poseen los adultos, estos juveniles son más propensas a la electrocución porque cazan moviéndose de percha en percha, y prefieren los postes de las redes eléctricas, como lo es el caso del águila real.

**El clima:** En épocas de tiempos lluviosos las aves son más susceptibles a la electrocución, debido a que estas se posan mojadas en los postes y elementos del cableado que también se encuentran húmedos. Como ya se sabe las plumas son

un buen aislante, siempre y cuando estén secas. La conductividad de la pluma crece a medida que aumenta la humedad relativa del ambiente como también depende de factores como la concentración de sales. La humedad del ave hace que sea más fácil sufrir la electrocución.

Cuando la dirección de los vientos es paralela a la cruceta que sostiene los conductores, el ave es empujada hacia estos cables ocasionando la electrocución.

**Configuración y separación de la línea:** La separación horizontal y vertical de los conductores en los postes de distribución de energía es más pequeña que el tamaño de las aves de gran envergadura como: las águilas, los gallinazos, los búhos y los halcones, entre otras. Debido a que las distancias de separación en distribución son pequeñas por el nivel de tensión manejado, se incrementa el riesgo de electrocución para las aves (Ferrer Baena, 2012).

En el caso de la configuración de la línea, se encuentran una gran cantidad de postes y crucetas que hacen que un ave tenga altas probabilidades de sufrir electrocución.

## **2.2 CONFIGURACIONES Y DISPOSICIONES “POSTES Y CRUCETAS” QUE FAVORECEN LA ELECTROCUCIÓN DE LA AVIFAUNA**

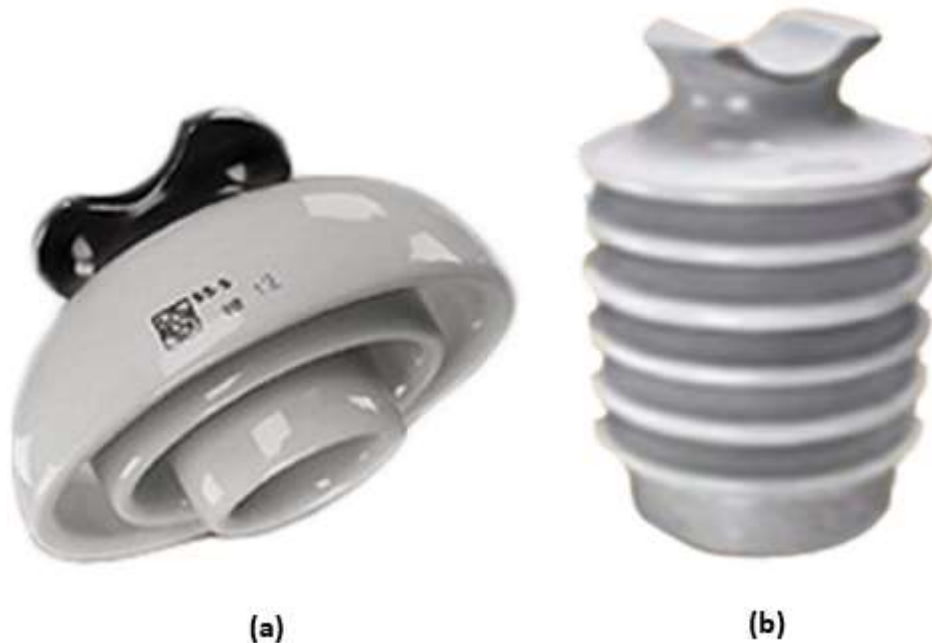
La electrocución de la avifauna es más común en líneas menores a 115 [kV] “líneas de distribución de 34,5 y 13,2 [kV]”. No ocurre en todas las líneas de media tensión si no en las que los apoyos están diseñados de forma específica y con determinada configuración (Gonzalo., mayo de 2014). Dicho problema se relaciona de forma directa con el diseño, dimensiones constructivas y materiales de los postes, crucetas y aisladores que sostienen los conductores de la línea.

La distancia de separación de los conductores influyen en gran proporción en el riesgo de electrocución de la avifauna, pues se puede presentar la electrocución cuando: la distancia fase-fase es menor que la envergadura alar (longitud entre los extremos de ambas alas) o donde la separación vertical entre conductores es menor a la altura (cabeza-pata) del ave (Ferrer Baena, 2012) y (Gonzalo., mayo de 2014).

El material utilizado en la construcción de los apoyos es determinante en la evaluación de la peligrosidad de los elementos “postes y crucetas” que sostienen los conductores; pues algunos materiales favorecen más la electrocución que otros por sus propiedades para conducir corriente. El número de electrocuciones es mayor en crucetas de metal que en las de madera, ya que el metal tiene propiedades conductoras, entonces el ave solo necesita hacer contacto con una fase para electrocutarse. El mismo problema se presenta con los postes, pues son más peligrosos los apoyos metálicos y de hormigón fundido. Los postes de hormigón tienen menor capacidad de conducción de corriente que los metálicos, pero al ser de hormigón armado, este posee similares características, ya que su estructura interna es metálica, por lo tanto, cuando se utiliza una cruceta de metal con este tipo de poste, se crea una conexión sólida que aumenta el riesgo de electrocución, ya que todas estas estructuras son equipotenciales con el plano de tierra.

Por otra parte, el uso de adecuados aisladores es determinante en estudios de electrocución. Los aisladores cortos tipo alfiler que son los más utilizados en distribución, presentan un alto riesgo de electrocución debido a su corta distancia de aislamiento (**fig.15.a**). El otro aislador utilizado es el tipo poste, que es mucho más seguro que el anterior, ya que su distancia de aislamiento es grande, lo cual hace que disminuya el riesgo de electrocución (Patricia, 2007). El aislador tipo poste brinda una buena protección a las aves contra la electrocución (**fig.15.b**).

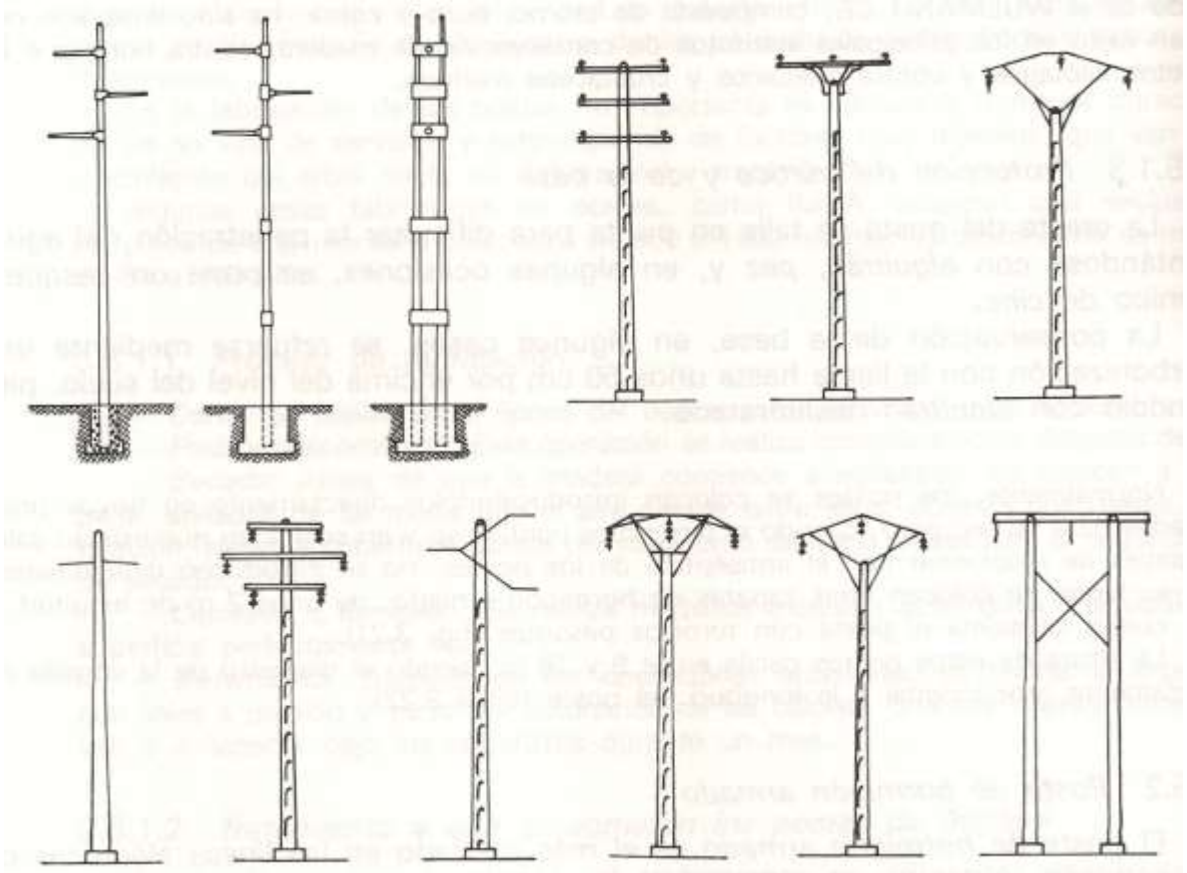
**Figura 15: Aisladores para media tensión: (a) aislador tipo alfiler, (b) aislador tipo poste.**



**FUENTE:** ORIENT AISLADORES Aisladores electricos de media tensión [en línea] disponible en: <http://www.orientaisladores.com/modelo/Aisladores-electricos-de-media-tension.html>.

En Colombia y en otros países como México, Chile y EEUU, los postes más utilizados son los de metal y de hormigón fundido, así como las crucetas metálicas, ya que la madera es muy costosa e limitada su disponibilidad. En otras palabras, las combinaciones entre estas estructuras son muy peligrosas para las aves, debido a que potencian el riesgo de electrocución como ya se había mencionado anteriormente. En la **fig. 16** se pueden observar las siluetas de apoyos típicos utilizados para distribución de energía eléctrica en media tensión.

**Figura 16. Apoyos utilizados para distribución de energía en media tensión.**



Las estructuras más peligrosas para la fauna “especialmente las aves” son: las que cuentan con transformadores, los postes terminales y de deflexión, los postes terminales dobles con doble cruceta y todas las estructuras que tengan puentes sin aislar (Patricia, 2007) y (Molina, 27 y 28 de marzo del 2003).

Estudios realizados en 100 [km] de líneas de Doñana España, demuestran que las aves electrocutadas desaparecen en función logarítmica del tiempo transcurrido, pues en los recorridos realizados por el tendido encontraban un número muy bajo de cadáveres, obteniendo una estima de pérdidas del 70% aproximadamente. Dicho ritmo de pérdidas depende de factores como: tamaño y peso del ejemplar e intervalo de tiempo en el que se realizaba la respectiva limpieza de cadáveres. Estos estudios muestran que el número de víctimas por electrocución, teniendo en cuenta la tasa de pérdida, puede superar las 2000 aves anuales, aproximándose las rapaces a las 400 y los milanos a las 200 víctimas por año (Ferrer Baena, 2012).

Gracias a estos estudios que se llevaron a cabo en España se tienen tipificados con número aproximado de electrocuciones por año, a los apoyos de los tendidos eléctricos que son más peligrosos para las aves. A continuación, se dan a conocer los diseños de apoyos catalogados como los más peligrosos en España (Ferrer Baena, 2012).

El diseño más peligroso es el de montaje uno con aisladores rígidos y puente central por encima de la cruceta con una mortalidad anual estimada de 0,65 rapaces por poste y año. Ver **fig. 17**.

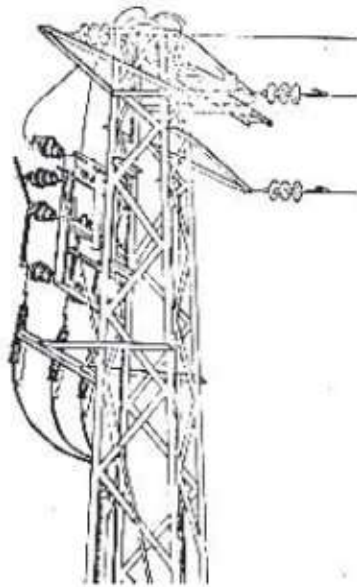
**Figura 17: Poste de alineación con montaje cero con aisladores rígidos y conductores por encima de la cruceta.**



*FUENTE:* AVESY TENDIDOS Que son mis tendidos peligrosos [en línea] disponible en: <http://www.avesytendidos.org/%C2%BFson-mis-tendidos-peligrosos>

El apoyo tipo seccionador es el segundo diseño más peligroso con una mortalidad de 0,246 rapaces por poste y año (**fig.18**). En este tipo de postes es en el que se encuentra una mayor diversidad de aves electrocutadas. La cifra de mortalidad mencionada para este tipo de apoyo se debe a la presencia del seccionador y el transformador en el lado del apoyo y también a que tiene puentes flojos por encima del travesaño.

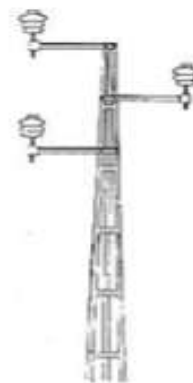
**Figura 18: Apoyo de fin de línea con seccionador de corte al aire situado en el vástago.**



**FUENTE:** (Patricia, 2007)

El tercer diseño más peligroso corresponde al apoyo llamado tresbolillo con aisladores rígidos (**fig. 19**). La mortalidad asociada a este apoyo corresponde a 0,202 rapaces por poste y año. A este lo sigue el diseño de montaje uno con aisladores rígidos que tiene una mortalidad asociada de 0,168 rapaces por poste y año (**fig.20**). Los postes con aisladores rígidos son muy peligrosos por la fácil accesibilidad de los conductores a las aves.

**Figura 19: Apoyo de alineación tresbolillo con aisladores rígidos.**



**FUENTE:** POSTEMEL post crucetas endesa [en línea] disponible en: [http://postemel.com/productos/post\\_crucetas\\_endesa.html](http://postemel.com/productos/post_crucetas_endesa.html).

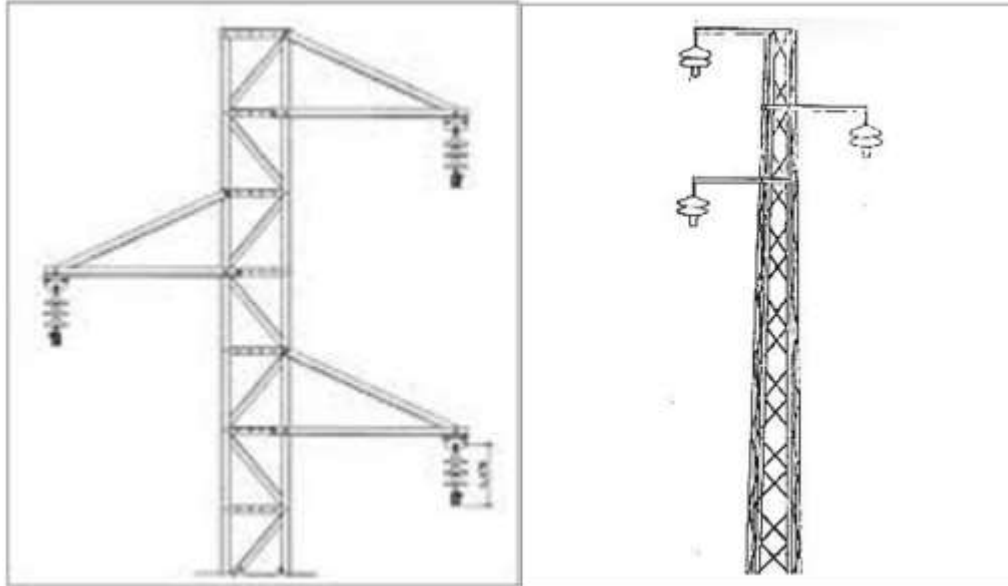
**Figura 20: Apoyo de alineación con montaje uno y aisladores rígidos.**



**FUENTE:** AVES Y TENDIDOS Que son mis tendidos peligrosos [en línea] disponible en: [http://www.avesytendidos.org/%C2%BFson-mis-tendidos-peligrosos\\_](http://www.avesytendidos.org/%C2%BFson-mis-tendidos-peligrosos_)

Por último, se tiene el diseño tresbolillo con aisladores suspendidos (**fig. 21**), que resultó ser el menos peligroso tanto en su apoyo (aisladores de amarre con puentes flojos debajo del travesaño) con una tasa de mortalidad de 0,049 rapaces por poste y año. Su baja tasa de mortalidad se asemeja a la de los postes de alineación, con una mortalidad de 0,027 rapaces por poste y año. Este tipo de apoyo es 24 veces menos peligroso que el primero que se mencionó en este documento.

**Figura 21 : Apoyo tresbolillo con aisladores suspendidos.**



**FUENTE:** JURÍDICAS [en línea] disponible en:  
[http://noticias.juridicas.com/base\\_datos/Derogadas/r0-rd263-2008.html](http://noticias.juridicas.com/base_datos/Derogadas/r0-rd263-2008.html)

### **2.3 ASPECTOS DE LOS ECOSISTEMAS QUE FAVORECEN EL RIESGO DE ELECTROCUCIÓN**

Como los tendidos eléctricos son sistemas que abarcan una gran cantidad de terreno natural, se encuentran algunas zonas y áreas que representan un alto riesgo de electrocución para las aves como se puede observar en la **fig. 22**. Entre estos sitios se pueden tener (Patricia, 2007) y (Hernandez Fernández):

- Áreas planas y desérticas, en donde hay baja densidad de árboles y sitios en donde puedan perchar las aves.
- Áreas utilizadas para la agricultura, pues presentan una gran cantidad de roedores que son apetecidos por las rapaces.
- Sitios en donde se congregan los gallinazos como los basureros.
- Zonas en donde hay alta presencia de aves migratorias.
- Áreas en donde hay alta concentración de presas.

**Figura 22: Interferencia de la red eléctrica en el entorno natural.**



**FUENTE:** AGUILA PERDICERA Tendidos [en línea] disponible en: <http://www.aguilaperdicera.org/tendidos.php>.

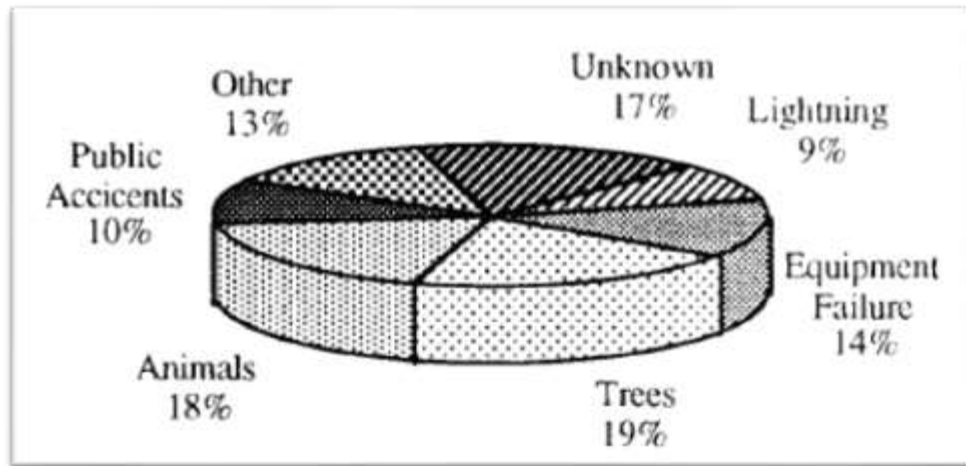
#### **2.4 PÉRDIDAS REGISTRADAS DEBIDO A FALLAS OCASIONADAS POR AVES Y OTROS ANIMALES**

La colisión de aves con los conductores del tendido eléctrico y la electrocución en las estructuras o apoyos de las redes (postes), presenta un elevado índice de ocurrencia que tiene un impacto considerable en la economía. El número de cortes (interrupciones) de energía generados por contactos con la fauna se traduce en un alto costo tanto para las comunidades e industrias que se quedan sin el suministro energético, como para los operadores de red, que deben reparar las fallas para reestablecer el servicio eléctrico y compensar a los usuarios por la mala calidad del servicio (Patricia, 2007), (Manuel, Enero 13 del 2014).

EEUU es un país que presenta una gran cantidad de cortes en el servicio de energía por fallas en los sistemas de distribución debido a la presencia de animales en el cableado eléctrico (Taylor, April 1995). En la **fig. 23** se muestran los resultados obtenidos entre 1987 y 1990 para todas las diferentes categorías de fallas presentadas en estos sistemas del sector eléctrico, así como los diferentes porcentajes de falla en donde se indica que el mayor número de cortes son

ocasionados por árboles y animales con el 19% y 18% respectivamente de ocurrencia.

**Figura 23: Fallas en el sistema de distribución de EEUU (datos tomados entre 1987 y 1990)**



**FUENTE:** (Taylor, April 1995).

La interacción de los animales con los tendidos eléctricos “especialmente los de las redes de distribución”, provocan una gran cantidad de pérdidas en el suministro de energía eléctrica, que se ven reflejadas en un elevado costo económico para los operadores de red. En la **tabla 2** se puede ratificar lo visto en la **fig. 23**, pues se ve el elevado número de fallas e interrupciones que causan los animales en el sistema eléctrico. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos de todas las salidas del sistema eléctrico, así como los tiempos de restablecimiento en Estados Unidos durante los años 1987 y 1988.

**Tabla 2. Interrupciones y fallas ocasionadas por animales y otros problemas en sistemas de distribución de energía (EEUU).**

<b>AÑO</b>	<b>CAUSA DE LA FALLA</b>	<b>NUMERO DE FALLAS</b>	<b>DURACION DE LA FALLA [min]</b>	<b>TOTAL, DE CLIENTES AFECTADOS</b>	<b>TIEMPO TOTAL DE LAS FALLAS [min]</b>	<b>INDICE DE FRECUENCIA</b>
1987	FALLA EN EL EQUIPO	3	0,52	1502	1502	0,026
	ÁRBOLES	1	1,14	296	296	0,003
	CONTACTO DE ANIMALES	12	0,43	9172	9172	0,2
	SALIDAS PLANIFICADAS	6	0,36	1618	1618	0,093
	ACCIDENTES PUBLICOS	1	6,3	2340	2340	0,004
1988	FALLA EN EL EQUIPO	5	2,29	136	19801	0,106
	ÁRBOLES	9	1,37	715	92401	0,562
	CONTACTO DE ANIMALES	12	0,58	200	10352	0,2
	SALIDAS PLANIFICADAS	1	0,4	6	240	0,004
	ACCIDENTES PUBLICOS	1	1,22	274	22468	0,214

**FUENTE:** (Taylor, April 1995).

Pacific Gas & Electric de California reportó que las fallas ocasionadas por aves, son la tercera parte de las interrupciones de energía en su sistema eléctrico, reportando recientemente que el corte del servicio costó a la economía de California entre \$13.2 y \$20.2 mil millones cada año. Si las aves causan un aproximado del 10% de las fallas a nivel estatal, las pérdidas económicas en los Estados Unidos debido a las aves pueden llegar a 1 millón de dólares.

Por otro lado, del estudio realizado en Sudáfrica por 10 años, se encontró que el 38% de las fallas presentadas en las líneas eléctricas, son ocasionadas por aves (Patricia, 2007).

En este mismo país sudafricano, la compañía de energía eléctrica Eskom realizó diversos estudios y encontró que el 45% de las variaciones de tensión eran causadas por la presencia de zopilotes en las líneas de transmisión, especialmente en las de 132 [kV]. Además, estimó que las fallas accionadas por la contaminación debido a excretas representan para la economía del país unas pérdidas económicas que redondean los \$40 millones de pesos anualmente (Patricia, 2007).

Las fallas e interrupciones debido a las interacciones de la fauna con los animales es un problema que se presenta a nivel mundial. El caso es que en la mayoría de países en vía de desarrollo como Colombia no se tiene conciencia de todos estos problemas y no se cuantifica las posibles pérdidas económicas que ocasionan los animales en el cableado eléctrico. Las empresas e industrias se quejan de la problemática vivida más no presentan soluciones y tampoco dan a conocer las posibles pérdidas acarreadas en la economía. Tal motivo hace que sea muy difícil mejorar la calidad del servicio energético y proteger tanto a la fauna como a la red eléctrica como tal (Patricia, 2007).

### 3. ESPECIES DE ANIMALES MÁS AFECTADAS POR LA ELECTROCUCIÓN EN REDES ELÉCTRICAS AÉREAS.

La electrocución de animales en redes eléctricas ocurre principalmente en estructuras y líneas de distribución no mayores a 34 kV. Los animales que más sufren electrocución y que causan mayores problemas en el suministro de energía y daño a las estructuras eléctricas son las aves de gran tamaño como las rapaces y cuervos. También se electrocutan otros tipos de animales como serpientes, ratones y lagartijas, pero con menor frecuencia, a tal punto que se puede tomar como casos aislados, y para este tipo de accidentes no se encuentran estudios de ninguna clase.

Las aves rapaces medianas y grandes tienen más riesgo de electrocución ya que utilizan las líneas como sitios para perchar, cazar o anidar específicamente en áreas donde no hay árboles u otras estructuras naturales que se puedan usar con esos fines (Ferrer Baena, 2012). Otro tipo de aves que sufren de electrocuciones son las especies aves migratorias que viajan en grupos pequeños o en solitario. Estas últimas tienen más riesgo y eso ocurre porque muchas veces las redes eléctricas no tienen la suficiente señalización para poder ser vistas a tiempo. El mayor riesgo para accidentes entre las redes eléctricas y las aves las tienen las aves juveniles, debido a que tienen menos experiencia de vuelo y menor maniobrabilidad. En un estudio realizado en Gys coprotheres (Accipitridae), del 100% de los ejemplares muertos por colisión y electrocución, el 41% murió entre los 0-6 meses de vida, 39% a los seis meses, y 20% tenía menos de tres años (Gonzalo., mayo de 2014).

Aunque la colisión de aves contra los tendidos eléctricos no producen cortes en el suministro de energía y los daños a las estructuras son mínimos, el número de aves accidentadas es grande, sin embargo en este capítulo se hablará y se mostrarán estadísticas de estudios previos en diferentes países acerca de los problemas asociados a la electrocución, un ejemplo claro de esto es la muerte de una gran cantidad de aves y la disminución de las poblaciones en diferentes especies como se puede evidenciar en la **fig. 24**.

Un factor importante a tener en cuenta entre los grupos de aves afectadas por la electrocución son las que tienen un alto índice de electrocución con poblaciones relativamente abundantes por ejemplo los cuervos, esto puede causar una disminución en el tamaño de la población, pero no su desaparición; y por otro lado los grupos de aves que tienen menor índice de mortalidad pero con poblaciones en riesgo de desaparición como el águila imperial (Aquila heliaca) en Doñana

España, donde la muerte de algunas pocas águilas puede causar un desequilibrio en la población y causar su posible desaparición (Ferrer Baena, 2012). Prueba de ello es que al eliminar una línea eléctrica que cruzaba por el centro del parque se incrementó la sobrevivencia de las aves, de 17,6% hasta el 80% en los primeros seis meses de vida (Guía ambiental para proyectos de distribución de energía eléctrica).

**Figura 24. Águilas de Swainson electrocutadas.**



**FUENTE:** (Patricia, 2007).

### **3.1 ESTADOS UNIDOS.**

Uno de los países pioneros en reconocer que la electrocución de aves era un problema importante fue los Estados Unidos y empezaron a dar evidencia de águilas electrocutadas, por ejemplo, en 1972, Richard R. Olendorff publicó un estudio titulado “*Eagles, sheeps and power lines*” el cual fue uno de los primeros en dar aviso de esta problemática. En este estudio se describe el hallazgo de 17 águilas reales (*Aquila Chrysaetos*) electrocutadas en tan solo 5,6 km de tendido eléctrico en el noreste de Colorado (Ferrer Baena, 2012), (Patricia, 2007) y (Taylor, April 1995). Este estudio sirvió para motivar otros estudios donde también se evidencia gran mortandad de aves, entre las más alarmantes se encontró una línea en Utah con tan solo 88 postes, en la cual se encontraron 37 águilas reales (*Aquila Chrysaetos*) electrocutadas, o el registro de 416 aves muertas a lo largo de 24 kilómetros de líneas en 6 estados del oeste de norte américa. En Utah, empleados del U.S. Fish and Wildlife Service recogieron 495 cadáveres de rapaces en 402 km de líneas. Hallazgos similares empezaron a realizarse por todo

el país. En la década de 1970, se reunieron un grupo integrado por agencias del gobierno, compañías de electricidad y organizaciones no gubernamentales para analizar la magnitud del problema y buscar soluciones. El resultado fue el manual "*Prácticas Sugeridas para la Protección de Rapaces en Líneas Eléctricas*", que ya tiene tres ediciones y se ha traducido al español. El documento reúne información sobre los aspectos biológicos de la electrocución de rapaces y brinda una clara explicación de los diseños de estructuras peligrosas para las aves y de cómo pueden modificarse para evitar futuras electrocuciones (Taylor, April 1995) y (Manville).

La electrocución de rapaces es un grave problema, pues Veintiséis de las cuarenta especies de rapaces que habitan este país han sido reportadas como víctimas de dicho problema. También es importante reconocer que se han hecho progresiones para reducirla. En la actualidad, las medidas destinadas a proteger rapaces en tendidos eléctricos son obligados como parte de los requisitos de autorización y licencia de la mayoría de las agencias federales de EEUU (Taylor, April 1995) y (Bayle, 1999).

### **3.2 ÁFRICA.**

En Sudáfrica, y en otros países de África, el buitre del cabo (*Gyps coprotheres*), el buitre egipcio (*Neophron pernopterus*), el águila marcial (*Polemaetus bellicosus*) y el águila negra (*Aquila verreauxii*) son algunas de las especies que más se electrocutan en las líneas eléctricas, en una sola línea se encontraron más de 300 buitres del Cabo muertos en un periodo de tres años (Guía ambiental para proyectos de distribución de energía eléctrica). El buitre del cabo es probablemente el ave rapaz que más víctimas por electrocución ha registrado en Sudáfrica y ahora está considerada como especie amenazada en este país, siendo la electrocución, junto con otros factores, la principal causa de su declive. Además del buitre, otros grandes rapaces sufrieron importantes bajas causadas por las líneas eléctricas en los años 80, como el águila marcial (*Polemaetus bellicosus*), el águila de Verreaux (*Aquila verreauxii*). Estas especies son singularmente susceptibles a la electrocución en zonas rurales. También se descubrió que las líneas de distribución podían ser las principales responsables de la reducción de las poblaciones de alimoche (*Neophron pernopterus*) en todo el sur de África (Ferrer Baena, 2012).

Desafortunadamente, dada la situación de crisis económica, política y social casi permanente en la que vive el continente africano, no se ha avanzado mucho en la solución de estos problemas ni parece que la avifauna vaya a ser una prioridad

alta para los gestores de las líneas eléctricas africanas en el presente o futuro cercano.

### **3.3 EUROPA.**

En la década del 1970 los principales países de Europa, empezaron a estudiar y documentar sobre el problema en las líneas eléctricas y las interrupciones del suministro de energía causado por las aves. Así Scott et al. (1972) en reino unido, Renssen (1975) en Holanda, Haas (1970) en Alemania y Bijjleveld y Goeldin (1976) en Francia fueron los primeros autores en tocar esta problemática y mostrando la gran cantidad de aves muertas que dejaba la electrocución de aves (Bayle, 1999).

De los estudios y datos más alarmantes encontrados en Europa se encuentran 700 aves muertas por kilómetro de tendido y año en una zona húmeda de Holanda (Heijnis 1980), en Alemania, 592 aves de 19 especies diferentes, fueron encontradas electrocutadas debajo de líneas eléctricas (Bayle, 1999). Estos datos son solo un pequeño ejemplo de las grandes muertes y problemas causados por los tendidos eléctricos, tanto para las aves como para el suministro de energía eléctrica. Los países que más se ven afectados son Alemania, Suiza, España, Francia y Holanda.

Desde esas primeras publicaciones la interacción entre aves y redes eléctricas ha crecido, pero la falta de patrocinio económico e intereses políticos, no ha permitido que se estudie a fondo dicha problemática. La situación actual de Europa es que, aun existiendo unas recomendaciones básicas del Consejo de Europa, las normativas de los distintos países difieren enormemente, y en algunos países del Este no existe normatividad para mitigar dicho problema.

Investigaciones en Alemania, Francia y España muestran que de las 37 especies de rapaces que crían o invernán regularmente en Europa occidental, al menos 30 especies han sido víctimas de líneas eléctricas como se puede ver en la **tabla 3**. Las rapaces que se encuentran más a menudo muertas bajo líneas eléctricas son: especies comunes como Buzzards (*Buteo buteo*), Kestrels (*Falco tinnunculus*) y Cernícalos eurasiáticos. En Francia, el 96,5% de las 649 aves de presa encontradas muertas en las cercanías del cableado eléctrico, se encuentran bajo líneas de media tensión (Adecuación de tendidos eléctricos con riesgo para la avifauna en aragon., s.f.).

**Tabla 3. Especies de rapaces muertas en líneas eléctricas de Europa (Francia, Alemania y España).**

ESPECIES	ALEMANIA	FRANCIA	ESPAÑA
Osprey ( Pandion haliaetus)		+ <sup>b</sup>	
Common Buzzard (Buteo buteo)	+++	+++	+++
Rough-legged buzzard (Buteo lagopus)	+		
Honey buzzard (Pernis apivorus)	+	+	
Black kite (Milvus migrans)	+	+	+++
Red kite (Milvus milvus)	++	+	++
Short-toed eagle (Circaetus gallicus)		+	+
Bonellis's eagle (Hieraetus fasciatus)		+	++
Booted eagle (Hieraetus pennatus)		+	+
Golden eagle (Águila chrysaetos)	+	+	+
Spanish imperial eagle (Águila heliaca)			+
Bearded vulture (Gypaetus barbatus)		+	
European black vulture (Aegypius monachus)			+
Griffon vulture (Gyps fulvus)		+	+
Egyptian vulture (Neophron percnopterus)			+
European sparrowhawk (Accipiter nisus)		+	
Northern Goshawk (Accipiter gentilis)	+	+	++
Marsh harrier (Circus aeruginosus)		+	
Hen harrier (Circus cyaneus)	+		
Montagu's harrier (Circus pygargus)			+
Preregrine falcon ( Falco peregrinus)		+	+
European hobby (Falco subbuteo)		+	+
Merlin (Falco columbarius)		+	
Eurasian kestrel (Falco tinnunculus)	+++	+++	+
Barn owl (Tyto alba)	+	++	+
Eurasian eagle owl (Bubo bubo)	+	++	+
Long-eared owl (Asio otus)	+	+	
Short-eared owl (Asio flammeus)		+	
Little owl (Athene noctua)		+	+
Tawny owl (Strix aluco)	+	+	++
Total number dead under powerlines	567	686	1282

**Notas: + < 5%, ++ entre el 5% y 10%, +++ > 10% del número total de muertes de rapaces en líneas de distribución de energía eléctrica.**

**FUENTE:** (Bayle, 1999).

### 3.4 ESPAÑA.

Durante un estudio realizado a lo largo de un año en una línea seleccionada de no más de 100 km, en el parque nacional y natural de Doñana. En el año que duro el estudio, cada mes se realizaba una ronda recogiendo los cadáveres que se encontraban debajo de las estructuras de la red eléctrica, donde cualquier ave muerta podría ser devorada por otro animal, durante ese año se pudieron recolectar y registrar 930 aves muertas, de las cuales se identificaron 55 especies afectadas, 54 especies de aves y un mamífero (gineta). Entre las víctimas se recolectaron 10 especies de aves de presa con un total de 142 ejemplares (el 20,6% del total). Las rapaces nocturnas representaron el 1,16% con tres especies, otras especies destacables son 52 cuervo, 6 cigüeñas, 79 garcillas bueyeras, 84 gansos y 163 patos (Ferrer Baena, 2012). En la **tabla 4** se puede observar la cantidad de aves muertas y cada una de las especies involucradas desde que se detectó la problemática vivida.

**Tabla 4: Especies más afectadas por la electrocución en los últimos años. España.**

ESPECIE	TOTAL	ANUAL
Buitre Leonardo	14	5
Águila imperial	3	1
Águila culebrera	8	1
Águila calzada	9	4
Milano negro	15	12
Milano real	82	66
Ratonero	35	30
Azor	1	1
Cernícalo vulgar	10	9
Halcón peregrino	1	1
Milano sp	36	3
Falconiforme sp	7	0
Cárabo	3	2
Lechuza común	7	5
Mochuelo	1	1
Cuervo	70	52
Corvidae sp	23	23
Cigüeña blanca	34	6
Espátula	3	3
Flamenco	3	3
Garcilla bueyera	82	79

ESPECIE	TOTAL	ANUAL
Ardeidae sp	15	15
Anser sp	88	84
Anas sp	168	163
Larus sp	53	53
Canadriiformes sp	77	77
Rallidae sp	25	25
Paiño sp	3	3
Ganga	6	6
Faisan	3	3
Coraciiformes sp	3	3
Passeriformes sp	38	8
Gineta	1	1
Total	927	748

En España como en toda Europa, ni la Unión Europea ni el Ministerio de medio Ambiente han sido capaces de establecer una normativa electrotécnica común, para protección de aves con respecto a la interacción con las redes eléctricas, se impone la divulgación de normativas regionales por parte de las comunidades Autónomas que tienen transferidas las competencias en materia medio ambiental (Adecuacion de tendidos electricos con riesgo para la avifauna en aragon., s.f.).

Por causa del problema de electrocución de aves que enfrenta todo el mundo, en España nace la plataforma **SOS TENDIDOS ELÉCTRICOS**, la cual presenta todos los datos actualizados sobre los estudios realizados en la avifauna y algunas posibles soluciones que se pueden llevar a cabo para disminuir este problema. En la **tabla 5** se dan a conocer los resultados de las electrocuciones presentadas en los años 2015, 2016 y lo que va del 2017 en España.

**Tabla 5. : Número de electrocuciones presentadas en los últimos años en España.**

ACTUALIZACIÓN		17/03/17			
ESPECIE	2015	2016	2017	TOTAL, GENERAL:	2497
Cuervo	300	94	3		
Busardo ratonero	286	98	11		
Águila culebrera	57	17			
Paloma torcaz	19	4			
Búho real	160	45	5		
Curruca capirotada	3				
Cogujada común	1				
Abubilla	1				
Zorzal común	6				
Cigüeña blanca	126	32	121		
Cigüeña negra	2				
Gaviota sombría	1				
Cernícalo vulgar	35	17			
Estornino negro	6	3			
Mochuelo europeo	1				
Búho chico	3				
Lechuza común	2				
Grajilla	25	1			
Águila de Bonelli	33	18			
Aguilucho cenizo	2	1			
Aguilucho pálido	1				
Aguilucho lagunero		1			
Martín pescador	1				
Milano negro	35	16			
Buitre leonado	180	28	33		
Buitre negro		3			
Chova piquirroja	1	3			
Urraca	1				
Corneja negra	25	1	1		
Halcón peregrino	4	2			

ACTUALIZACIÓN		17/03/17			
ESPECIE	2015	2016	2017	TOTAL, GENERAL:	2497
Águila calzada	15	6	1		
Alcaudón real	1				
Águila real	40	8	2		
Garza real	2	2			
Garza imperial	1				
Garcilla bueyera	11	3			
Grulla común	9	2			
Cernícalo primilla	30				
Águila imperial	4	14	2		
Abejero europeo	1	1			
Águila pescadora	2	1			
Azor común	16	4			
Mirlo común	1				
Milano real	51	7	3		
Gavilán	4				
Elanio azul		1			
Sisón común		1			
Avutarda		13	1		
Chorlito dorado		1			
Triguero		1			
Cárabo	1				
Ánade real		1			
Ardeida sp.	2				
Huesos pequeños	3				
Huesos medianos	197	33	7		
Huesos grandes	24	6	1		
Garduña	20	2			
Gineta	1	2			
Urraca	1				
Perdiz roja	1				
Águila de harris (cetrería)		1			
Córvido pequeño	2		1		

ACTUALIZACIÓN		17/03/17			
ESPECIE	2015	2016	2017	TOTAL, GENERAL:	2497
Anteriores a 2015 en puntos negros (correspondientes a las siguientes especies: cuervo, milano negro, busardo ratonero y búho real)	54				
<b>TOTAL</b>	<b>1811</b>	<b>494</b>	<b>192</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

FUENTE: <http://www.sostendidos.com>

### 3.5 AMÉRICA LATINA.

En América Latina es más complicado saber sobre cómo se ve afectados los tendidos eléctricos por electrocución de aves u otros animales, ya que hay muy poca investigación para esta problemática, la información existente es sobre temas como la colisión de aves con líneas de transmisión o los problemas causados por los nidos en las estructuras.

**3.5.1 Chile.** En Chile, como en la gran mayoría de países latinoamericanos, no existe una gran base de datos donde se registre de la interacción de animales con redes eléctricas. Un pequeño estudio muestra que en un tendido de media tensión ubicado en Calera de Tango (región metropolitana de Santiago), dejó 16 ejemplares muertos de Accipitridae (*Geranoaetus elanoleucus*), en este estudio también entregaron reportes tan generales que no pudieron ser incorporados al listado anterior (“Aves electrocutadas en tendidos eléctricos de la Segunda región”), y otros que no especificaron si se trataba de electrocución o colisión (Gonzalo., mayo de 2014).

Mediante fuentes complementarias a la información (revisión de expedientes de proyectos SEIA, encuestas y entrevistas), se establecieron incidentes adicionales, pero no es una información de estudios más profundo donde se pueda evidenciar la magnitud e impacto causado. En la **tabla 6**, se encuentran documentados los fallecimientos de la avifauna en Chile, debido a la interacción con los tendidos eléctricos.

**Tabla 6. Reporte de aves electrocutadas en líneas de Chile. s/i: Sin información. AR: Actores relevantes. CRAR: Centro de rehabilitación de aves rapaces.**

N°	FAMILIA	ESPECIE	N°	LOCALIDAD	REGIÓN	TIPO DE TENDIDO	FUENTE
1	Accipitridae	Geranoaetus melanoleucus	16	Calera de Tango	Metropolitana	Distribución	49
2	Falconidae	Falco sparverius	1	Arica	Arica y Parinacota	Distribución	AR
3	Falconidae	Caracara plancus	1	Mejillones	Antofagasta	Distribución	AR
4	Cathartidae	Cathartes spp.	1	Antofagasta	Antofagasta	Distribución	AR
5	Cathartidae	Cathartes spp.	1	Los Vilos	Coquimbo	Distribución	AR
6	Cathartidae	Cathartes aura	1	Quebrada Seca	Coquimbo	Distribución	AR
7	Falconidae	Falco sparverius	1	Pudahuel	Metropolitana	Distribución	AR
8	Accipitridae	Geranoaetus melanoleucus	1	Curacaví	Metropolitana	Distribución	AR
9	Tytonidae	Tyto alba	1	La Dehesa	Metropolitana	Distribución	AR
10	Picidae	Colaptes pitius	1	El Manzano	Metropolitana	Distribución	AR
11	Falconidae	Falco sparverius	1	Puente Negro	O'Higgins	Distribución	AR
12	Accipitridae	Parabuteo unicinctus	03*	Procedencia desconocida	s/i	s/i	CRAR

**FUENTE:** (Gonzalo., mayo de 2014).

En cuanto a la magnitud de la electrocución de aves en Chile, el cruce de la experiencia internacional con la nacional orienta a pensar que los escasísimos reportes no son reflejo de una baja accidentabilidad, sino que se explican por una escasa tasa de detección. Sumado a lo anterior, no existe un registro centralizado de los reportes, lo cual hace prácticamente imposible tener una visión global de la magnitud del impacto (Gonzalo., mayo de 2014).

**3.5.2 México.** En México, un estudio realizado entre 1999 y 2002, reportó 403 aves muertas por electrocución: 33% fueron rapaces (Falconiformes), 63% cuervos (Corvidae), 3% zopilotes (Cathartidae) y 0,4% garzas (Ciconiiformes). Entre las especies registradas se encontraron a dos miembros del género Buteo

presentes en Chile (Accipitridae), a *Cathartes aura* (Cathartidae) y *Tyto alba* (Tytonidae).

En otro estudio realizado en la localidad de Janos-Nuevos Casas Grandes, donde se realizó observaciones mensuales de las líneas eléctricas de diciembre de 2000 a noviembre de 2001, y solo en esta área se registraron un total de 177 aves muertas de 12 especies. Donde las especies que más presentaron incidentes fueron el cuervo de chihuahuan (*Corvus cryptoleucus*), el halcón cola roja (*Buteo jamaicensis*), el águila dorada (*Aquila chrysaetos*) y el aguililla real (*Buteo regalis*) (Patricia, 2007). Otra de las observaciones que se presentó en dicho estudio, es que la época donde más se presentó los incidentes fue particularmente en a finales del verano y principios de otoño, y se debe presentar mayor atención en la época de invierno en las zonas donde se albergan el águila calva, águila dorada y aguililla real

**3.5.3 Colombia.** En Colombia, como en la gran mayoría de países latinoamericanos no se encuentran estudios donde se evidencie el problema causado por la electrocución entre líneas eléctricas y avifauna debido a contactos accidentales. En Colombia se pueden encontrar algunos estudios donde se evidencia la colisión de aves contra los conductores del tendido eléctrico, especialmente el cable de guarda. Es más común que se presenten interrupciones en el suministro de energía eléctrica debido a la electrocución de animales “aves” con líneas energizadas, entre otros problemas que causan los animales a las redes eléctricas. No es común que se dé un reporte oficial y mucho menos que se guarde o se tenga una estadística de la realidad de cuál es la frecuencia de esta interacción y las pérdidas económicas que esto conlleva.

Por otra parte, y muy de vez en cuando la prensa es la que hace algún tipo de presión para que se tenga más en cuenta el problema que es causado por la interacción de la fauna y las redes eléctricas, reportando noticias de los casos más graves de muerte de aves causadas por líneas eléctricas (electrocución y colisión) como se puede ver en la **fig. 25**, un ejemplo de esto es la muerte de más de 50 flamencos rosados (*Phoenicopterus*) que murieron tras chocarse con redes eléctricas cuando volaban cerca de una laguna en el corregimiento de La Uribia, en el departamento de La Guajira, donde la mayoría de su población hace parte del pueblo Wayúu. Cerca de la laguna hay redes de alta tensión con las que las aves se chocan al despegar o descender como parte de su rutina migratoria, pero este no es el único hecho que se ha presentado en esta línea, desde su instalación en el 2012 han muerto decenas de aves por electrocución y colisión.

**Figura 25: Flamencos colgados por la comunidad Wayuu tras ser encontrados muertos por interacción con líneas eléctricas.**



**FUENTE:** *Corpoguajira.*

Muchas industrias que se ven afectadas por este fenómeno recopilan datos de las afectaciones por fauna pero la información no es de conocimiento público.

#### **4. MÉTODOS PARA PREVENIR LOS CONTACTOS DE LA FAUNA CON LOS TENDIDOS ELÉCTRICOS**

La electrocución de animales es un problema que ocurre con mucha frecuencia en las redes de distribución de energía. Esto se debe a que no se tiene en cuenta los impactos que produce el cableado eléctrico sobre la fauna, especialmente en las aves; y que las distancias de aislamiento entre todos los elementos energizados y sin aislar de las estructuras son pequeñas (Patricia, 2007) y (Molina, 27 y 28 de marzo del 2003).

En los estudios sobre este tema, se presentan una serie de modificaciones que se le pueden hacer a las estructuras para mitigar el problema.

Estados Unidos sugiere un proceso de planificación, que se traduce en la elaboración de un plan de protecciones para aves (Gonzalo., mayo de 2014). Este plan de protección debe reducir las mortalidades, documentar las acciones implementadas, y mejorar la confiabilidad del servicio. El proceso llevado a cabo es el siguiente:

- Políticas corporativas: cumplir las regulaciones existentes y estar comprometidos a minimizar los accidentes de aves y proporcionar un servicio eléctrico de calidad.
- Capacitaciones: para todo el personal relacionado. Poniendo énfasis en la razón y en los métodos para presentar informes de mortalidades, protocolos de manejo de nidos, disposición de cadáveres, y cumplimiento del reglamento. Destacando las consecuencias potenciales del no cumplimiento.
- Permitir su cumplimiento: describir el proceso a través del cual la compañía conseguirá los permisos necesarios.
- Establecer estándares para el diseño de construcciones: establecer estándares de seguridad aviar en los diseños y construcciones
- Manejo de nidos: procedimientos y regulaciones.
- Sistema de presentación de informes de aves: no sólo por las exigencias federales, sino que también de manera interna. Guardando la información en una base de datos que permitan su uso para otras actividades, como evaluaciones de riesgo u otros.

- Metodología para la evaluación de riesgos: para aves residentes y migratorias.
- Medidas para la reducción de las mortalidades: posterior a la evaluación de riesgo, de manera que se puedan monitorear y actualizar las medidas. Incluir medidas para ayudar al crecimiento de las poblaciones mermadas.
- Control de calidad: asegurar cumplimiento, eficiencia y eficacia de las medidas implementadas.
- Conciencia pública: educación ambiental acerca del problema de las electrocuciones en aves.
- Recursos claves: expertos en el tema, especialistas ambientales, realización de talleres, materiales y contactos.

En la literatura revisada se señala que, para líneas nuevas, la mejor opción de mitigación es planificar y diseñar la ruta del tendido por lugares alejados de sitios que constituyen el hogar o que atraen especies de aves que son susceptibles a la electrocución o colisión.

Los componentes que generan el riesgo de electrocución deben estar lo suficientemente separados como para que las aves no puedan tocarlos simultáneamente, requiriéndose de estructuras más grandes y más costosas. Cuando estas distancias no pueden ser logradas por medio del diseño, ya sea por antigüedad, espacio u algún otro motivo, corresponde recurrir al aislamiento de las partes energizadas a fin de conseguir las distancias de seguridad (Patricia, 2007) y (Gonzalo., mayo de 2014).

Europa exige una separación entre líneas cargadas “conductores” de al menos 1,4 [m] y en el caso de querer proteger a grandes aves como rapaces o buitres debe incrementarse por lo menos a 2,7 [m]. El espacio seguro entre una posible percha y una fase cargada (conductores-fase a tierra) debe ser de 0,6 [m], y en el caso de aves grandes 1,8 [m]. El Decreto Real 1432/2008 de España, señala que entre conductores la distancia mínima debe ser 1,5 [m], entre la zona de posada y elementos en tensión debe ser de 0,75 [m] y en el caso de armado tresbolillo; la distancia entre la cruceta inferior y el conductor superior del mismo lado o del correspondiente puente flojo no tiene que ser inferior a 1,5 [m] (Ferrer Baena, 2012). En tanto para crucetas o armados tipo bóveda, la distancia entre la cabeza del poste y el conductor central no debe ser menor a 0,88 [m]. Finalmente, aquellas estructuras con cadena de aisladores horizontales, tienen que tener una

distancia mínima accesible de seguridad de 1 [m] entre la zona de posada y los elementos en tensión (Patricia, 2007).

BirdLife da un listado de recomendaciones de aislamiento, según el tipo de poste:

- Postes de electricidad contruidos en hormigón pretensado, hormigón o metal con posición vertical de los aisladores: Se recomienda cubrir los polos con tapas de plástico de 130cm de longitud.
- Postes de tensión:
  - a. Postes de electricidad con aislantes suspendidos: No necesita aislamiento, siempre que la distancia entre una posible percha (cruceca) y las partes energizadas (conductores), sea de al menos 60cm.
  - b. Postes de tensión que posean los conductores del cableado por debajo las crucecas: Deben tener aisladores de por lo menos 60cm.
  - c. Postes de tensión con un conductor por encima de la cruceca: Para ser seguros requieren cadenas de aislante de al menos 60 [cm]. En casos en que los conductores estén por encima o muy cerca de la cruceca, se deberán utilizar tubos. Los postes eléctricos empalmados deben ser tratados de la misma manera (aislamiento de los conductores que están demasiado cerca de un posadero (a unos 60 [cm])).

En España se llevó a cabo el **proyecto PIE de estudio de electrocución**, donde se pudo determinar algunos posibles métodos para proteger la avifauna de la electrocución con el cableado eléctrico.

El objetivo principal del proyecto se alcanzó con la obtención de una serie de medidas correctivas para mitigar el elevado número de electrocuciones, así como la evaluación de su eficiencia en condiciones reales de operación (Ferrer Baena, 2012).

La selección de los postes para el estudio planeado, se realizó con base a su diseño. A una parte de los postes se le aplicaron las medidas de protección y otros se dejaron de control para observar cuales eran las variaciones. Las líneas de control se construyeron lo más cerca de los tramos de línea modificados. En

ambas líneas, modificadas y no modificadas, se evaluó la mortalidad en los postes que se da por este problema de electrocución (Ferrer Baena, 2012).

Los dispositivos ensayados son de tres tipos, disuasorias de posada, aislamiento de conductores y aislamiento de crucetas. En los apoyos con aisladores rígidos se emplearon forros aislantes para el cable, manta geotextil para para la cruceta y placa aislante debajo del aislador de la fase central. En los apoyos con aisladores suspendidos, se utilizaron abrazaderas, triángulos y barandillas. En apoyos con puentes flojos por debajo del travesaño, se ensayaron pletinas. En los puentes flojos por encima de la cruceta, se aislaron con funda. Por último, en los apoyos con seccionador en la cabecera se usaron varillas de PVC blancas.

La eficiencia de cada método se evaluó por medio del número de víctimas encontradas debajo de los mismos postes antes y después de aplicada la medida correctiva.

Las medidas aplicadas según el tipo de poste son (Ferrer Baena, 2012):

#### **a. Abrazaderas, barandilla y triángulo. Poste tresbolillo.**

Estas medidas de mitigación son básicamente disuasorias de posada para impedir que el ave se posicione en las zonas más peligrosas de la estructura.

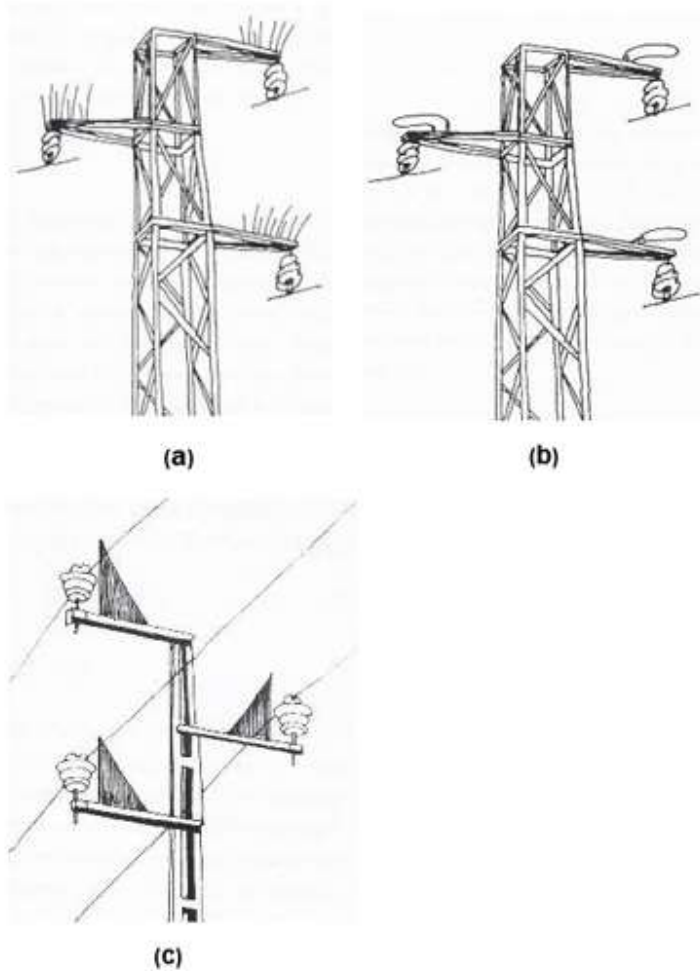
Las abrazaderas constan de 12 tirantes de PVC, con una altura de 20 [cm], dispuestos en modo peine en las partes externas de la torre, como se evidencia en la **fig. 26. a**, con el fin de que las aves no se posen en las partes más peligrosas del poste. Con el uso de las abrazaderas se disminuyó en un 74% la utilización de las zonas peligrosas. En el caso de las grandes rapazas se presentó una disminución del 64%.

La barandilla es una varilla de hierro con 15 [cm] de altura y 6 [mm] de diámetro, que se instala en la parte externa de los travesaños, como se ve en la **fig. 26. b**. Con esta medida se consiguió que las aves utilizaran las partes más cercanas al vástago y alejadas de los conductores. La reducción estimada de la mortalidad con la instalación de las barandillas, es aproximadamente del 63%.

En la **fig. 26. c** se puede ver un triángulo rectángulo de PVC con 30 [cm] de base y 50 [cm] de altura, ubicado en la parte externa de la cruceta y junto al aislador. Este método no fue de gran utilidad debido a que las aves utilizaban el aislador

como posadero, haciendo posible la electrocución por el contacto de las alas o la cola con la cruceta.

**Figura 26: Medidas de protección en poste tresbolillo: (a) abrazaderas; (b) barandilla; (c) triangulo.**



**FUENTE: (Ferrer Baena, 2012).**

**Resultados de la medida.**

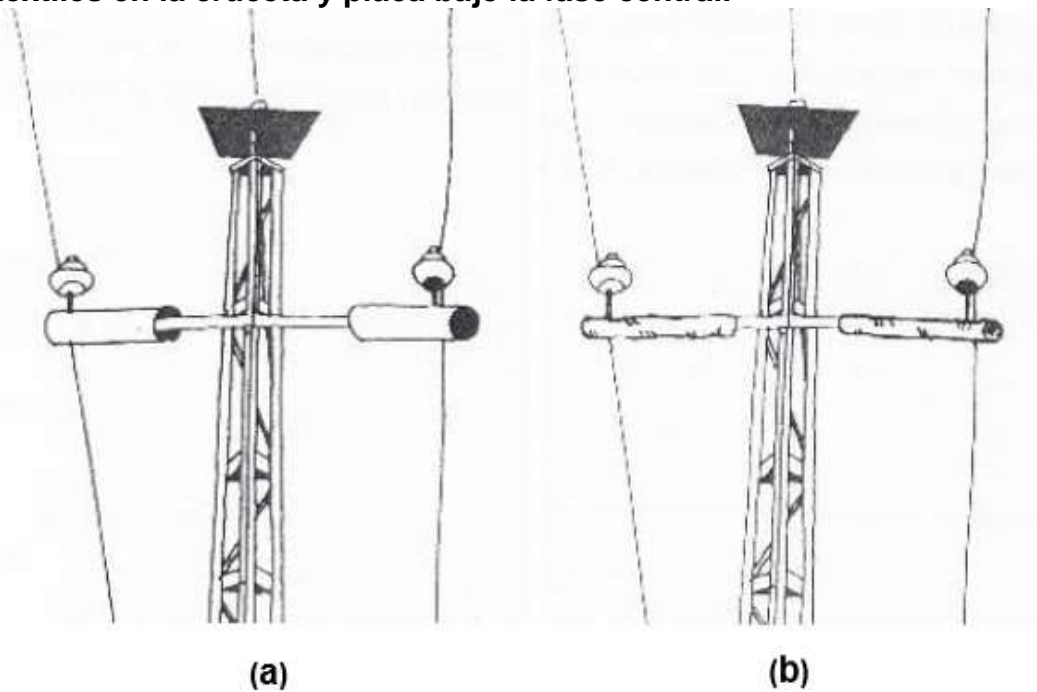
- Víctimas en postes de control (antes-después): 0-2
- Víctimas en postes modificados (antes-después): 3-1
- Eficiencia por reducción de la pendiente de acumulación de cadáveres: 50%
- Costo del método: Bajo

- Tiempo y personal para la instalación: 2 personas y aproximadamente 10 minutos por poste.

**b. Tubos de PVC y láminas geotextiles en la cruceta y placa bajo la fase central. Montaje uno.**

Esta medida se basa en aislar todas las partes peligrosas de la cruceta, que están cerca a los conductores. En la **fig. 27. a**, se puede ver que utilizan tubos y placas de PVC para aislar todas esas partes peligrosas. Los tubos se construyen de manera que su instalación sea fácil, su longitud es aproximadamente 70 [cm], se fijan al aislador por medio de tornillos. La placa se coloca bajo el aislador de la fase central y sobresalen 5 [cm] de la estructura principal, para evitar que las aves que se posan en dicho aislador, no hagan contacto con ninguna parte metálica de la estructura. En la **fig. 27. b**, se observa que el aislamiento de la cruceta se hace por medio de láminas geotextiles, la única diferencia con los tubos de PVC es su fácil instalación. Es una medida de protección muy recomendable para prevenir la electrocución.

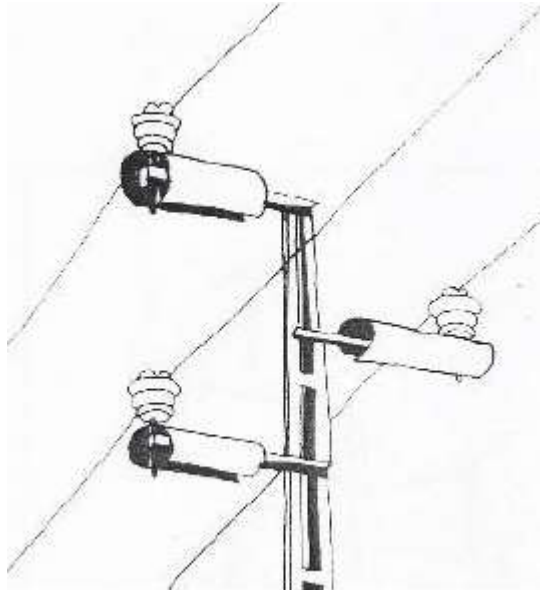
**Figura 27: Aislantes en todas las partes peligrosas de la estructura: (a) tubos de PVC en la cruceta y placa debajo de la fase central; (b) laminas geotextiles en la cruceta y placa bajo la fase central.**



**FUENTE: (Ferrer Baena, 2012).**

Esta medida de utilización con tubos de PVC, también se puede aplicar con éxito al poste de tipo tresbolillo con aisladores rígidos (**fig. 28**). El tubo de PVC sobresale unos 10 [cm] del extremo de cada cruceta.

**Figura 28: Tubos de PVC en los travesaños.**



**FUENTE:** (Ferrer Baena, 2012).

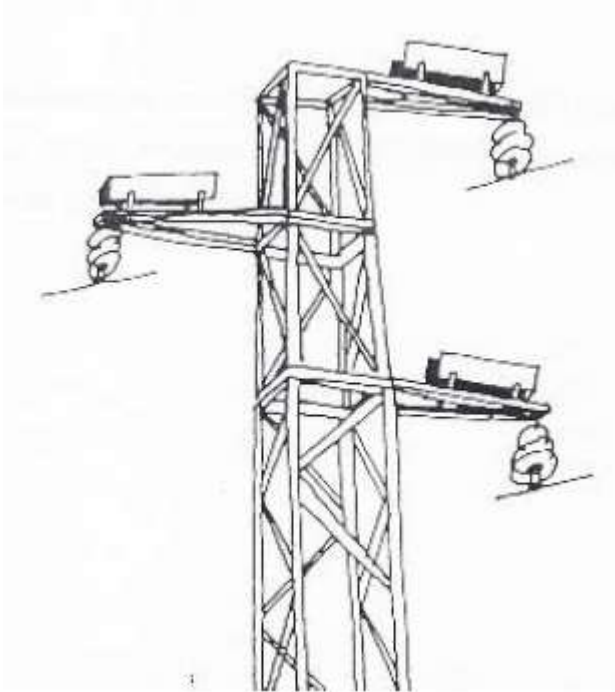
#### **Resultados de la medida.**

- Víctimas en postes de control (antes-después): 7-12
- Víctimas en postes modificados (antes-después): 7-1
- Eficiencia por reducción de la pendiente de acumulación de cadáveres: 84%
- Costo del método: Bajo
- Tiempo y personal para la instalación: 2 personas y aproximadamente 15 minutos por poste.

#### **c. Pletinas. Tresbolillo con aisladores por debajo de la cruceta.**

Las pletinas metálicas son un método de mitigación, donde se instalan unas láminas o planchas rectangulares de 15 [cm] de altura sobre los travesaños de la estructura, y en la parte más externa de esta como se puede evidenciar en la **fig. 29**. Con esta medida se puede impedir que las aves se posen en las partes que representan un mayor peligro para estas.

**Figura 29: Pletinas rectangulares en el travesaño.**



**FUENTE: (Ferrer Baena, 2012).**

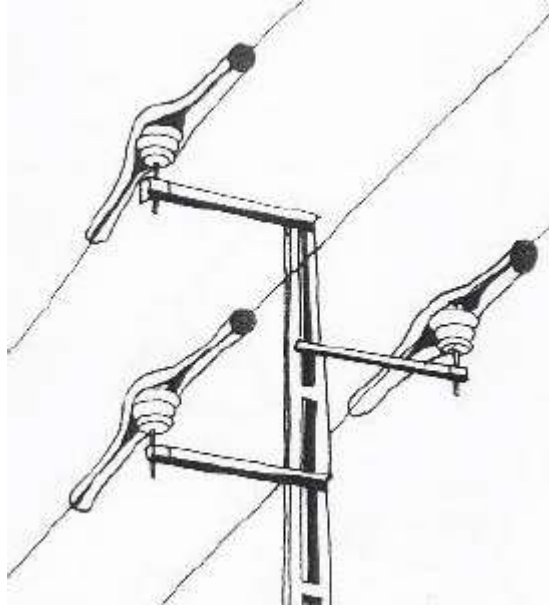
**Resultados de la medida.**

- Víctimas en postes de control (antes-después): 0-3
- Víctimas en postes modificados (antes-después): 1-2
- Eficiencia por reducción de la pendiente de acumulación de cadáveres: 0%
- Costo del método: Bajo
- Tiempo y personal para la instalación: 2 personas y aproximadamente 10 minutos por poste.

**d. Tubos de PVC para aislar el conductor. Tresbolillo.**

El aislamiento de los conductores en la estructura se realiza por medio de tubos de PVC termo conformados para que se ajusten de manera segura al plato superior del aislador (**fig. 30**), recubriendo un buen tramo de conductor a cada lado, con una longitud de aproximadamente de 40 [cm]. Este método es un buen sistema de protección para las aves, ya que el PVC es un buen aislante.

**Figura 30: Tubos de PVC para aislar el conductor.**



**FUENTE:** (Ferrer Baena, 2012).

**Resultados de la medida.**

- Víctimas en postes de control (antes-después): 5-13
- Víctimas en postes modificados (antes-después): 16-2
- Eficiencia por reducción de la pendiente de acumulación de cadáveres: 91%
- Costo del método: Moderado
- Tiempo y personal para la instalación: 2 personas y aproximadamente 20 minutos por poste.

Las ventajas y desventajas que se tienen con la aplicación de cada método, se pueden evidenciar en la siguiente tabla (**tabla 7**).

**Tabla 7: Ventajas y desventajas obtenidas en la aplicación de cada método.**

MÉTODO DE PROTECCIÓN APLICADO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Abrazaderas	Funciona muy bien en grandes rapaces. Hace que las aves y rapaces de mediano tamaño utilicen las partes menos peligrosas y	No tiene ningún efecto en rapaces y aves de pequeño tamaño.

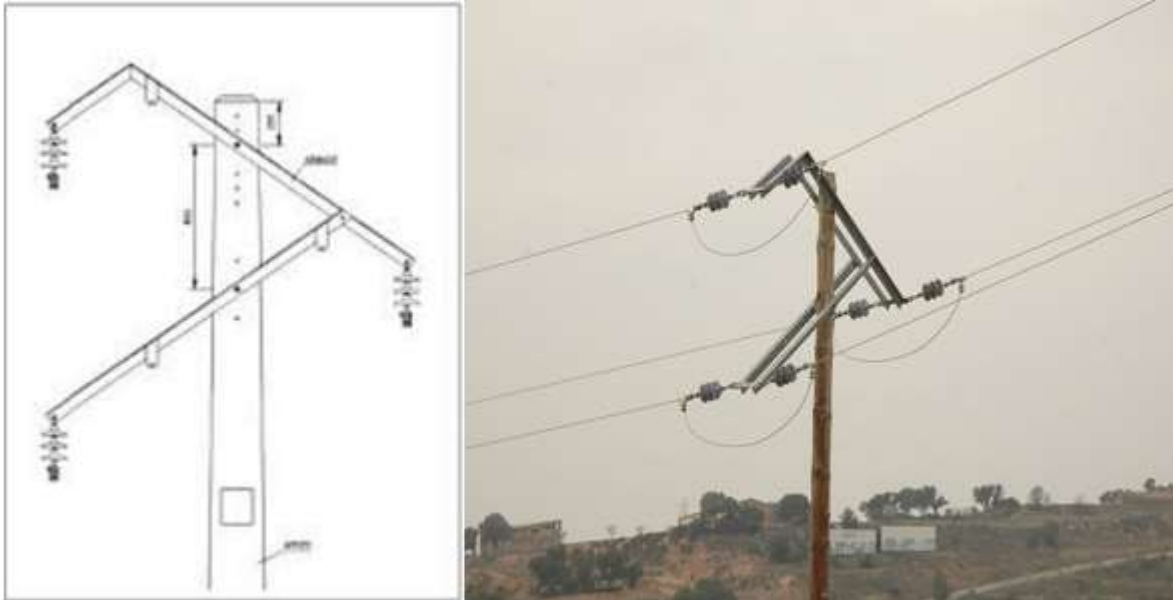
MÉTODO DE PROTECCIÓN APLICADO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
	alejadas de los conductores energizados.	
Barandilla	<p>Disminuye el uso de las partes peligrosas de la estructura.</p> <p>Funciona muy bien en todas las rapaces.</p> <p>Se aumenta el uso de la parte más alejada de los conductores.</p>	-----
Triángulo	Disminuye el uso de la cruceta, ya que impide que el ave se pose en esta.	<p>Aumenta el uso de las zonas más peligrosas de la estructura, como los aisladores.</p> <p>Favorece la electrocución debido a que obliga al ave a aterrizar en los aisladores de la estructura.</p>
Tubos de PVC y láminas geo textiles en la cruceta y placa bajo la fase central	<p>Impide el contacto de las aves con las partes energizadas de la estructura.</p> <p>Este método no permite que se presente un corto por contacto fase-tierra.</p> <p>Es muy fácil de instalar.</p>	-----
Pletinas	-----	<p>No se presenta ninguna modificación en el uso de las partes más peligrosas.</p> <p>No tiene ningún efecto positivo para disminuir la</p>

MÉTODO DE PROTECCIÓN APLICADO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Tubos de PVC en aisladores y conductores	<p>Aísla cualquier parte que esta energizada y que está expuesta al contacto con los animales entre el conductor y aislador.</p> <p>Es una medida muy eficaz y recomendable, ya que impide el riesgo de electrocución.</p> <p>Todo depende de que tan resistente es el material y de sus propiedades dieléctricas.</p>	<p>electrocución.</p> <p>No representa ningún cambio en el comportamiento de las aves en la utilización de las partes más peligrosas de la cruceta.</p>

Desde hace algunos años se cuenta con un diseño “poste canadiense”, como se puede observar en la **fig. 31**. Este nuevo apoyo consta de una disposición similar a la del tresbolillo con aisladores suspendidos, la diferencia de este apoyo se encuentra en que los brazos o travesaños de la cruceta se encuentran inclinados. Según estudios realizados en proyectos como el PIE y LIFE, en España catalogan a este diseño como excelente medida anti electrocución ya que impide que las aves se posen en la estructura, y busquen sitios seguros. Su baja peligrosidad se basa en el grado de inclinación de la cruceta y en que la parte superior del poste sobresale de la cruceta. Este es el apoyo más seguro para la avifauna.

“Industrias Colombianas se quejan de este tipo de apoyos, ya que, según ellos, en estas estructuras se presenta más el riesgo de electrocución.”

**Figura 31: Diseño poste canadiense.**

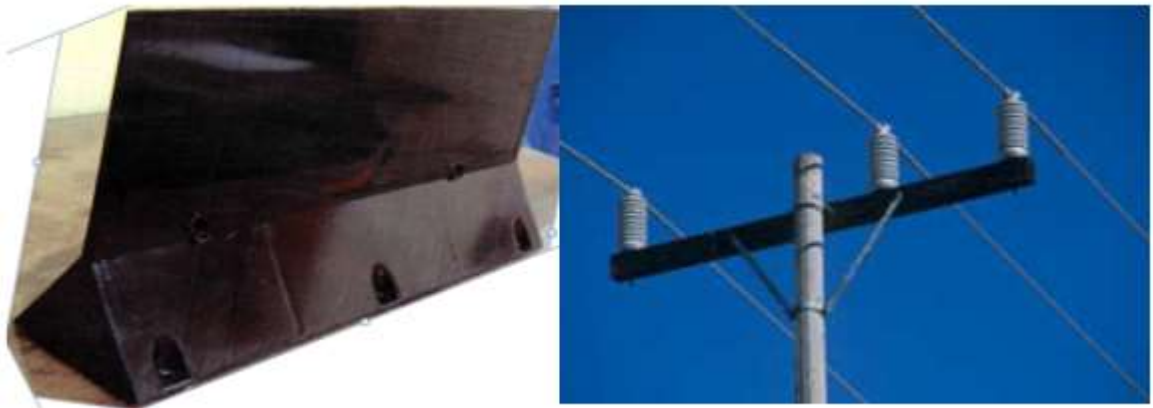


**FUENTE:** NOTICIAS JURIDICAS [en línea] disponible en: [http://noticias.juridicas.com/base\\_datos/Derogadas/r0-rd263-2008.html](http://noticias.juridicas.com/base_datos/Derogadas/r0-rd263-2008.html).

Otra forma de evitar la electrocución es utilizar crucetas más grandes y aisladores tipo poste. Los Decretos Reales 47/2004 y 1432/2008 de España, así como todos los países en los cuales se han realizado estos estudios, sugieren que las crucetas utilizadas para distribución de energía, deben tener por lo menos 2,5 [m] de longitud. También señalan que en casos donde sea posible, se instalen crucetas de madera, plásticas o de fibra de vidrio (Patricia, 2007), como se puede evidenciar en la **fig. 32**.

Dado que la electrocución de aves en las redes de distribución de energía eléctrica es un problema muy grave y que afecta a toda la población mundial, se cuenta con una serie de estándares y normas que avalan el diseño de dispositivos de protección aviar, obtenidos del análisis realizado en el proyecto de estudio PIE “España” y por las necesidades de mitigar el problema de electrocución en la avifauna.

**Figura 32: (a) cruceta plástica para evitar el apoyo de aves, (b) cruceta de madera para evitar la electrocución por contacto fase-tierra.**



(a)



(b)




**FUENTE:** <http://www.luisjdrevniak.com.ar/productos/view/22>. Y  
<http://yodeco.net/es/portfolio-type/postes-para-electrificacion-y-crucetas/>.



Actualmente se mitiga la electrocución de la avifauna con el aislamiento de todas las partes vivas “energizadas” que se encuentran en las estructuras que sostienen los cables del tendido eléctrico para impedir algún contacto directo entre las aves y los conductores. En la **tabla 8**, se tienen los equipos que pueden ser utilizados y más efectivos en todo tipo de tendido eléctrico para distribución de energía.

Los precios que se pueden observar, son solo del equipo, no se tienen en cuenta los costos de instalación y mano de obra.

**Tabla 8: Equipos de aislamiento para protección de la vida silvestre.**

EQUIPO O MÉTODO DE PROTECCIÓN PARA LA VIDA SILVESTRE	CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONAMIENTO	FABRICANTE Y PROVEEDOR	PRECIO AL PUBLICO	INSTALACIÓN
<p>Cubierta protectora para cable desnudo en aislador <b>BCIC-3312</b></p> 	<p>Diseñado para proteger a las aves y los animales de los conductores energizados, incluye brazos de extensión para permitir que se ajusten a conductores doblados.</p> <p>Aplicación hasta 35 kV en aisladores tipo poste.</p>	<p>CONNECTIVITI ENERGY</p>	<p>\$ 1.621.620</p>	<p>Línea viva</p>
<p>Cubierta protectora para aves <b>BCIC-12D/5.5-PIN-3</b></p> 	<p>Cubierta preformada para cables desnudos en aislador tipo pin. Línea tipo poste en media tensión hasta 35 kV.</p>	<p>CONNECTIVITI ENERGY</p>	<p>\$ 498.960</p>	<p>Línea viva</p>

EQUIPO O MÉTODO DE PROTECCIÓN PARA LA VIDA SILVESTRE	CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONAMIENTO	FABRICANTE Y PROVEEDOR	PRECIO AL PUBLICO	INSTALACIÓN
<p>Cinta aislante aplicable en frio <b>MVFT-G-2-12</b></p> 	<p>Cinta para proteger y aislar cables desnudos y barrajes en media tensión hasta 35 kV contra contactos accidentales. Para tensiones menores a 15 kV aplicar una capa. De 15 kV hasta 35 kV aplicar dos capas.</p>	<p>CONNECTIVITI ENERGY</p>	<p>\$ 282.902</p>	<p>Es necesario desenergizar la línea</p>
<p>Tubo aislante <b>MVCC-G</b></p> 	<p>Cubierta aislante para proteger los conductores desnudos en media tensión, de cualquier contacto accidental en los apoyos del cableado.</p>	<p>CONNECTIVITI ENERGY</p>	<p>Precio entre \$ 28.960 Y \$ 57.381</p>	<p>Línea viva</p>
<p>Protección para animales <b>MVLC</b></p> 	<p>Protección aislante para conductores desnudos en media tensión hasta 35 KV.</p>	<p>CONNECTIVITI ENERGY</p>	<p>MVLC-18-A/U: rolo x 75 m: \$ 63.618 MVLC-18-A/U: rolo x 75 m: \$ 81.081</p>	<p>Línea viva</p>

EQUIPO O MÉTODO DE PROTECCIÓN PARA LA VIDA SILVESTRE	CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONAMIENTO	FABRICANTE Y PROVEEDOR	PRECIO AL PUBLICO	INSTALACIÓN
<p data-bbox="289 451 680 522">Cubierta para bujes <b>BCAC-5D/8-01 (B12)</b></p>  	<p data-bbox="732 704 1077 1029">Protección y aislamiento para los bujes de transformadores. Nivel de tensión 15 a 35 KV. Impide el contacto de los animales con las partes vivas del transformador</p>	<p data-bbox="1108 834 1339 899">CONNECTIVITI ENERGY</p>	<p data-bbox="1419 850 1549 883">\$ 81.081</p>	<p data-bbox="1654 850 1806 883">Línea viva</p>

### Creación de nidos artificiales.

En cuanto a la anidación de aves en las estructuras del cableado eléctrico, se sugiere la implementación de plataformas seguras para la anidación. Esta solución consiste en alentar la anidación en los lugares deseados, a través del posicionamiento de plataformas en lugares seguros, ayudando además a la manutención de las líneas (Gonzalo., mayo de 2014).

Las plataformas deben ser lo suficientemente anchas como para cubrir las estructuras energizadas, ubicándolas en la parte superior o en medio del poste, lo más alejado de las partes riesgosas. Otra opción son los tubos de PVC, colocados horizontal o verticalmente, con uno hoyo para respiración y drenaje. Ver **fig. 33**.

**Figura 33: (a) águila pescadora anidando en plataforma de anidación artificial en línea de transmisión en Alemania; (b) cigüeña anidando en dispositivo artificial en Argelia**



(a)

(b)

**FUENTE:** (Gonzalo., mayo de 2014).

Las recomendaciones para instalar plataformas de anidación son:

- Situarlas de manera tal que ni los conductores ni el material energizado, puedan ensuciarse con material de nido o deyecciones.

- Las plataformas deben situarse perpendicularmente al viento predominante.
- No usar disuasorios de nidos cerca de los lugares donde estos ya existen, pues de fallar dicho nido, las aves tenderán a moverse al lugar más cercano.
- Ubicarlas en un ambiente adecuado y con disponibilidad de presas.
- Evitar ponerlas en lugares donde otras especies podrían verse afectadas por la depredación de rapaces.
- No siempre es necesario construir estas plataformas, estructuras y crucetas dobles con marco en H funcionan adecuadamente como nidos.
- Pueden situarse en postes dados de baja, para dirigir las actividades de anidación a lugares lejos de las estructuras energizadas.
- Para águilas se recomiendan plataformas de 1,2m cuadrados con 1,5m de diámetro.
- Considerar el peso de la plataforma en condiciones de lluvia.
- Sopesar que se requerirá de ciertos permisos para la instalación de estas estructuras.
- Distancias de entre 20-100m, son necesarias para la redirección de actividades de anidación en águilas.
- Se pueden usar artefactos para evitar que los depredadores suban por el poste hasta el nido. Lo más común es el uso de un dispositivo hecho de una hoja de metal de 1,5m, envolviendo el poste a unos 1,5m del suelo.

Esta medida ha ayudado a aumentar las poblaciones de algunas aves mermadas por la electrocución en el cableado eléctrico aéreo, además se describe que, en algunas poblaciones de aves, aquellas que han anidado en estructuras del tendido eléctrico han resultado ser más exitosas que las que lo hicieron en nidos naturales (Gonzalo., mayo de 2014).

## 5. CONCLUSIONES

Este trabajo de grado se realizó con el fin de recopilar y documentar los métodos que puedan dar solución a los problemas que causan las interacciones entre la fauna y las líneas eléctricas. La eficiencia de cada método se evaluó por medio de las ventajas y desventajas reportadas para cada uno, señalando en qué tipo de estructura funciona mejor cada método. Las principales conclusiones del trabajo son:

- El contacto accidental entre fauna y partes energizadas son una de las mayores causas de cortes de energía, llegando a tener un porcentaje del 18%, aunque este porcentaje puede crecer o disminuir según la ubicación de la red eléctrica. Lo que se busca con este trabajo es lograr hacer conciencia de la problemática y hacer que haya más investigación y así tener más soluciones y por ende mejorar la calidad de energía eléctrica.
- La mayoría de los accidentes presentados, se aumentan en zonas desérticas y en terrenos llanos con un porcentaje de incidencia aproximadamente del 78%; encontrando quemaduras graves en las patas y en el pico de las aves muertas. Cabe señalar que el problema se debe a aves que posan y tocan los conductores al moverse en la estructura.
- Después de haber estudiado la problemática causada por la interacción entre aves y líneas eléctricas, se pudo encontrar y analizar los distintos métodos que han venido dando posibles soluciones para mitigar los accidentes entre las aves y el cableado eléctrico, mejorando la calidad de la energía eléctrica.
- Se pudo analizar las medidas que se han propuesto desde hace algún tiempo, las cuales son: disuasorias de posada, aumento de las distancias de seguridad y aislamiento de conductores y crucetas, para así proponer los más eficientes y de gran utilidad para minimizar tanto la muerte de la fauna como las fallas en el sistema eléctrico.
- Métodos como las disuasorias de posada no ofrecen una buena protección contra la electrocución debido a que las aves cambian sus hábitos a la hora de posarse en los postes, pues utilizan las partes más peligrosas y cercanas a los conductores como los aisladores. Por lo tanto, los métodos más eficaces y utilizados son los de aislamiento de todas las partes más cercanas a los conductores.
- Los métodos más eficientes para prevenir fallas en el sistema eléctrico se pueden dividir en dos: 1) métodos disuasorios de posada y 2) métodos de

aislamiento. Para el método disuasorio se tiene a las abrazaderas de 12 tirantes de PVC con altura de 20 [cm], como la más eficiente. Y para el método de aislamiento se tienen tubos de PVC en la cruceta y placa debajo de la fase central y Tubos de PVC para aislar el conductor.

- Para los nuevos tendidos eléctricos, la mejor forma de prevenir la electrocución de aves es implementando en las estructuras el “poste canadiense” ya que su diseño impide que las aves se posen en la estructura y así busquen sitios más seguros.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adecuación de tendidos eléctricos con riesgo para la avifauna en aragon.* (s.f.). Recuperado el Marzo de 2017, de <http://www.naturalezaaragonesa.com/>
- Bayle, P. (1999). *Preventing birds of prey problems at transmissions lines in western Europe.* Marcella Francia: The raptor research foundation.
- (s.f.). *Decreto 47/2004 del 20 de Abril. Normas para la protección de las aves de los tendidos eléctricos.* España. Recuperado el 20 de Agosto de 2016, de <http://doe.juntaex.es/pdfs/doe/2004/480o/04040050.pdf>.
- Ferrer Baena, M. Á. (2012). *Aves y tendidos eléctricos. del conflicto a la solución.* Sevilla: Fundación MIGRES, ENDESA.
- Gonzalo., G. R. (mayo de 2014). *Medidas de mitigación de impactos en aves silvestres y murciélagos.*
- Guía ambiental para proyectos de distribución de energía eléctrica.* (s.f.).
- Hernandez Fernández, S. (s.f.). *Impacto de los tendidos eléctricos sobre el medio ambiente.* Obtenido de <http://catedraia.unex.es/articulos/op16.pdf>
- IEEE 644. Standard procedures for measurement of power frequency electric and magnetic fields from AC power lines.* (December 13 de 1994). Transmission and Distribution Committee of the IEEE Power Engineering Society.
- Manuel, P. G. (Enero 13 del 2014). *Tesis doctoral. Modelos predictivos aplicados a la corrección y gestión del impacto de la electrocución de aves en tendidos eléctricos.* Universidad Miguel Fernández.
- Manville, A. M. (s.f.). *Impacts to Birds and Bats Due to Collisions and Electrocutions from Some Tall Structures in the United States: Wires, Towers, Turbines, and Solar Arrays—State of the Art in Addressing the Problems.*
- Mejía, & Villegas. (s.f.). *Subestaciones de alta y extra alta tensión.* Mejía Villegas SA.
- Molina, C. B. (27 y 28 de marzo del 2003). *Jornadas nacionales de líneas eléctricas y conservación de aves en espacios naturales protegidos.* Región de Murcia: Dirección general del medio natural.

- Patricia, M. F. (2007). *Principales conflictos entre aves y líneas de energía eléctrica: Acciones de mitigación y otras soluciones para la conservación del águila real y otras rapaces*. Agrupación Dodo A.C.
- Pedro, B. (s.f.). *Impactos ambientales de las líneas e infraestructuras eléctricas*. Recuperado el 10 de Marzo de 2017, de Ecologistas en acción: <http://www.ecologistasenaccion.org/murcia>
- Pilar, V. (Septiembre del 2009). *Electrocución y colisión de aves en los tendidos eléctricos*. La Chiricoca.
- Reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE*. (2013). Ministerio de minas y energía.
- Rivadeneira, A. F. (2013). *Tesis. Estudio de compatibilidad de los campos electromagnéticos de frecuencia industrial en sistema de transmisión en alta tensión del noroeste argentino, en función de la evolución del sistema eléctrico*. Universidad tecnológica nacional. Facultad regional Tucuman.
- Rugeles, J., & Chacon, J. C. (2016). *Laboratorio de alta tensión. Manual de practicas*. Bucaramanga: UIS.
- Sector electricidad. comunidad de profecionles en ingeniería eléctrica*. (6 de Enero de 2013). Recuperado el 15 de Febrero de 2017, de <http://www.sectorelectricidad.com/3272/efecto-corona-en-lineas-de-transmision-y-transformadores/>
- Taylor, L. S. (April 1995). *Analysis and prevention of animals- Caused faults in power distribution systems. IEEE Transactions on power delively*. North Carolina.

## BIBLIOGRAFÍA

BAYLE, P. Preventing birds of prey problems at transmissions lines in western Europe. Marcella Francia: The raptor research foundation. 1999

Decreto 47/2004 del 20 de Abril. Normas para la protección de las aves de los tendidos eléctricos. España. [en línea] disponible en: <http://doe.juntaex.es/pdfs/doe/2004/480o/04040050.pdf>.

ECONOLOGISTAS EN ACCIÓN. Impactos ambientales de las líneas e infraestructuras eléctricas. [en línea] disponible en: <http://www.ecologistasenaccion.org/murcia>

FERRER BAENA, M. Á. Aves y tendidos eléctricos. del conflicto a la solución. Sevilla: Fundación MIGRES, ENDESA. 2012

GONZALO., G. R. Medidas de mitigación de impactos en aves silvestres y murciélagos. mayo de 2014

Guía ambiental para proyectos de distribución de energía eléctrica.

HERNANDEZ FERNÁNDEZ, S. Impacto de los tendidos eléctricos sobre el medio ambiente. [en línea] disponible en: <http://catedraia.unex.es/articulos/op16.pdf>

IEEE 644. Standard procedures for measurement of power frequency electric and magnetic fields from AC power lines. (December 13 de 1994). Transmission and Distribution Committee of the IEEE Power Engineering Society.

MANUEL, P. G. Tesis doctoral. Modelos predictivos aplicados a la corrección y gestión del impacto de la electrocución de aves en tendidos eléctricos. Universidad Miguel Fernádes. Enero 13 del 2014

MANVILLE, A. M. Impacts to Birds and Bats Due to Collisions and Electrocutions from Some Tall Structures in the United States: Wires, Towers, Turbines, and Solar Arrays—State of the Art in Addressing the Problems.

MEJÍA, & VILLEGAS. Subestaciones de alta y extra alta tensión. Mejía Villegas SA.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE. 2013

MOLINA, C. B. Jornadas nacionales de líneas eléctricas y conservación de aves en espacios naturales protegidos. Región de Murcia: Dirección general del medio natural. 27 y 28 de marzo del 2003

NATURALEZA ARAGONESA Adecuacion de tendidos electricos con riesgo para la avifauna en aragon. (s.f.). [en línea] disponible en: <http://www.naturalezaaragonesa.com/>

PATRICIA, M. F. Principales conflictos entre aves y líneas de energía eléctrica: Acciones de mitigación y otras soluciones para la conservación del águila real y otras rapaces. Agrupación Dodo A.C. 2007

PILAR, V. Electrocutión y colisión de aves en los tendidos eléctricos. La Chiricoca. Septiembre del 2009

RIVADENEIRA, A. F. Tesis. Estudio de compatibilidad de los campos electromagnéticos de frecuencia industrial en sistema de transmisión en alta tensión del noroeste argentino, en función de la evolución del sistema eléctrico. Universidad tecnológica nacional. Facultad regional Tucuman. 2013

RUGELES, J., & CHACON, J. C. Laboratorio de alta tensión. Manual de practicas. Bucaramanga: UIS. 2016

SECTOR ELECTRICIDAD. comunidad de profecionles en ingeniería eléctrica. (6 de Enero de 2013). [en línea] disponible en:

<http://www.sectorelectricidad.com/3272/efecto-corona-en-lineas-de-transmision-y-transformadores/>

TAYLOR, L. S. Analysis and prevention of animals- Caused faults in power distribution systems. IEEE Transactions on power delively. North Carolina. April 1995