



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Energía y Ambiente

**DETERMINACIÓN DE LA NECESIDAD DEL USO DE DISPOSITIVOS DESVIADORES DE
VUELO, PARA REDUCIR LA MORTALIDAD DE AVES DEBIDO A COLISIONES EN EL
TENDIDO ELÉCTRICO DEL PET-2, ANILLO PACÍFICO SUR**

Ing. Rudy Antonio García Valdez

Asesorado por el MSc. Ing. Gabriel Armando Velázquez Velázquez

Guatemala, marzo de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DETERMINACIÓN DE LA NECESIDAD DEL USO DE DISPOSITIVOS DESVIADORES DE
VUELO, PARA REDUCIR LA MORTALIDAD DE AVES DEBIDO A COLISIONES EN EL
TENDIDO ELÉCTRICO DEL PET-2, ANILLO PACÍFICO SUR**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO AL COMITÉ DE LA MAESTRÍA EN ENERGÍA Y AMBIENTE
POR

ING. RUDY ANTONIO GARCÍA VALDEZ

ASESORADO POR EL MSC. ING. GABRIEL ARMANDO VELÁZQUEZ
VELÁZQUEZ

A CONFERIRSE EL TÍTULO DE
MAESTRO EN ENERGÍA Y AMBIENTE

GUATEMALA, MARZO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
DIRECTOR	M.A. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
EXAMINADOR	MSc Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DETERMINACIÓN DE LA NECESIDAD DEL USO DE DISPOSITIVOS DESVIADORES DE VUELO, PARA REDUCIR LA MORTALIDAD DE AVES DEBIDO A COLISIONES EN EL TENDIDO ELÉCTRICO DEL PET-2, ANILLO PACÍFICO SUR

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, con fecha 25 de mayo de 2015.

Ing. Rudy Antonio García Valdez

DTG. 126.2021.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **DE DETERMINACIÓN DE LA NECESIDAD DEL USO DE DISPOSITIVOS DESVIADORES DE VUELO, PARA REDUCIR LA MORTALIDAD DE AVES DEBIDO A COLISIONES EN EL TENDIDO ELÉCTRICO DEL PET-2, ANILLO PACÍFICO SUR**, presentado por el Ingeniero: **Rudy Antonio García Valdez**, estudiante de la **Maestría en Artes en Energía y Ambiente** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, marzo de 2021.

AACE/asga



EEPFI-0407-2021

Guatemala, Marzo 2021

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y verificar la aprobación del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística al Trabajo de Graduación titulado: **“DETERMINACIÓN DE LA NECESIDAD DEL USO DE DISPOSITIVOS DESVIADORES DE VUELO, PARA REDUCIR LA MORTALIDAD DE AVES DEBIDO A COLISIONES EN EL TENDIDO ELÉCTRICO DEL PET-2, ANILLO PACÍFICO SUR”** presentado por el Ingeniero **Rudy Antonio García Valdez** quien se identifica con Carné **200611538** correspondiente al programa de **Maestría en Artes en Energía y Ambiente**; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala



Guatemala, Marzo 2021

EEPM-0408-2021

Como Coordinador de la **Maestría en Artes en Energía y Ambiente** doy el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **“DETERMINACIÓN DE LA NECESIDAD DEL USO DE DISPOSITIVOS DESVIADORES DE VUELO, PARA REDUCIR LA MORTALIDAD DE AVES DEBIDO A COLISIONES EN EL TENDIDO ELÉCTRICO DEL PET-2, ANILLO PACÍFICO SUR”** presentado por el Ingeniero **Rudy Antonio García Valdez** quien se identifica con Carné **200611538**.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador de Maestría
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos



Guatemala, Marzo 2021

EEPM-0409-2021

En mi calidad como Asesor del Ingeniero Rudy Antonio García Valdez quien se identifica con número de carné **200611538** procedo a dar el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **"DETERMINACIÓN DE LA NECESIDAD DEL USO DE DISPOSITIVOS DESVIADORES DE VUELO, PARA REDUCIR LA MORTALIDAD DE AVES DEBIDO A COLISIONES EN EL TENDIDO ELÉCTRICO DEL PET-2, ANILLO PACÍFICO SUR"** quien se encuentra en el programa de **Maestría en Artes en Energía y Ambiente** en la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Gabriel Armando Velásquez Velásquez
Ingeniero Mecánico Electricista
Colegiado No. 1.731

M.A. Gabriel Armando Velásquez Velásquez
Ingeniero Mecánico Electricista
Asesor

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por ser mi Creador y mi fuente de sabiduría. Quien incontables veces me ha demostrado su amor y bondad, y me ha otorgado regalos que humanamente son imposibles de conseguir.

Mis padres

Jorge Rudy García y Carolina Valdez. Su amor, su ejemplo y sus enseñanzas me han permitido crecer en todas las áreas de mi vida.

Mis hermanos

Paola y Josué García. Por su aprecio y apoyo, sus vidas me inspiran y retan a ser mejor.

Mi novia

Emma Mariela, quien, a lo largo de estos últimos años, me ha demostrado amor, apoyo y cariño total.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la casa de estudios que me abrió las puertas para llegar a ser un profesional.
Facultad de Ingeniería	Por permitirme obtener conocimientos y enseñanzas que llevaré para toda mi vida.
Escuela de Estudios de Postgrado	Por otorgar un aprendizaje que me permite ampliar el conocimiento profesional y el crecimiento académico.
Mis amigos y compañeros de la maestría	Luis Lepe, Rafael Mejía, Julio Barrios, Luis Sierra, Lorena Zelada y Jacqueline García. por su apoyo y amistad en el período de estudio.
Ministerio de Energía y Minas	Por permitir mi desarrollo profesional y apoyarme en el crecimiento laboral.
Lic. Roberto Ruiz	Por haberme apoyado en el presente trabajo y brindarme amablemente sus conocimientos.
MSc. Ing. Gabriel Velásquez	Por su amistad a lo largo de muchos años, por el apoyo laboral y por brindarme asesoría en este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XV
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO.....	XXV
INTRODUCCIÓN.....	XXIX
1. CONDICIONES BIÓTICAS Y FÍSICAS DEL ANILLO PACÍFICO	
SUR.....	1
1.1 Condiciones físicas.....	1
1.2 Condiciones bióticas.....	5
1.2.1. Flora.....	5
1.2.2. Fauna.....	7
2. RELACIÓN ENTRE AVES Y LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.....	13
2.1 Consideraciones previas a la construcción de líneas de	
transmisión.....	13
2.2 Adaptación de la flora y fauna con las líneas de	
transmisión.....	16
2.3 Conflictos entre aves y líneas de transmisión.....	19
2.3.1. Áreas críticas.....	25

2.4	Soluciones para reducir el conflicto entre aves y líneas de transmisión.....	26
3.	DISPOSITIVOS DESVIADORES DE VUELO DE AVES	29
3.1	Tipos de dispositivo y características principales.....	32
3.2	Análisis de la implementación del equipo	39
4.	NORMATIVAS AMBIENTALES Y ASPECTOS REGULATORIOS	43
4.1	Leyes aplicables a proyectos eléctricos.....	43
4.1.1.	Legislación y normativa eléctrica	43
4.1.2.	Legislación y normativa ambiental.....	45
4.1.3.	Compromisos ambientales del país y políticas públicas.....	46
4.2	Estudio de impacto ambiental.....	49
5.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	53
5.1	Monitoreos realizados previo a la ejecución del APS.....	53
5.2	Monitoreo realizado en el proyecto PET-01-2009.....	61
5.3	Monitoreo realizado en el año 2018.....	64
5.4	Monitoreos y encuestas realizadas en el año 2019	67
5.4.1.	Análisis estadístico de las encuestas	81
5.5	Determinación de la necesidad de instalación de los dispositivos.....	83
5.6	Estimación del ahorro económico.....	84
	CONCLUSIONES.....	91
	RECOMENDACIONES.....	93
	REFERENCIAS	95
	APÉNDICES.....	101

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Regiones climáticas de Guatemala	3
2.	Ceiba (<i>Ceiba pentandra</i>)	6
3.	Buitre negro americano (<i>Coragyps atratus</i>)	8
4.	Tirano tropical (<i>Tyrannus melancholius</i>)	9
5.	Mapache (<i>Procyon lotor</i>)	10
6.	Lagartija (<i>Sceloporus squamosus</i>)	12
7.	Sombrero de chino colocado sobre aisladores	15
8.	Anidamiento sobre torre de transmisión	16
9.	Nido construido sobre cable de alta tensión	18
10.	Chepillo (<i>Pitangus sulphuratus</i>) sobre cable de alta tensión.....	18
11.	Águila real (<i>Aquila chrysaetos</i>) joven electrocutada	22
12.	Cableado común en estructuras de alta tensión	24
13.	Situaciones de riesgo de colisión	25
14.	Tendido eléctrico de 230 kV (entrada de líneas de transmisión a la Subestación Pacífico 230 kV)	28
15.	Ejemplo de distribución de dispositivos desviadores de vuelo de aves	30
16.	Balizas instaladas en líneas de transmisión	31
17.	Dispositivos instalados (izquierda) y su visión en horario nocturno (derecha).....	38
18.	Líneas de media tensión de 13.2 kV con desviadores de vuelo instalados	39

19.	Comparación de costo de desviadores.....	40
20.	Comparación de eficacia de desviadores	41
21.	Comparación de la cadencia de desviadores	41
22.	Dispositivo desviador de vuelo en espiral.....	42
23.	Ubicación fincas Sagitario (puntos a la derecha) y El Esfuerzo (puntos de la izquierda), municipio de Escuintla, Escuintla.....	55
24.	Línea de transmisión Escuintla I – Siquinalá 230 kV en finca Sagitario	56
25.	Vista desde perfil de las torres y orientación de los recorridos para monitoreo	57
26.	Recorrido realizado en una de las fincas medido en una aplicación móvil.....	58
27.	Relación semanas versus hallazgos.....	60
28.	Picogruaso azul (<i>Passerina caerulea</i>) encontrado fallecido.....	60
29.	Tramos recorridos de la línea de transmisión Chixoy II – San Agustín 230 kV.....	61
30.	Vano entre torres 222 y 223 de la línea de transmisión Chixoy II – San Agustín 230 kV	62
31.	Dispositivos desviadores de vuelo de aves instalados en el vano entre las torres 230 y 231 de la línea de transmisión Chixoy II – San Agustín 230 kV	63
32.	Tramo recorrido de la línea de transmisión Madre Tierra – La Unión 230 kV.....	64
33.	Garzas (<i>Ardea alba</i>) sobre una pequeña canoa en cercanías a la subestación eléctrica La Unión 230 kV	65
34.	línea de transmisión La Unión – Miriam 69 kV contigua a la línea de transmisión Madre Tierra – La Unión 230 kV.....	66
35.	Sitios visitados en la línea de transmisión Madre Tierra – Pantaleón 230 kV.....	69

36.	Torres 14 y 15 de la línea de transmisión Madre Tierra – Pantaleón 230 kV.....	70
37.	Chacha o chachalaca (<i>Ortalis veluta</i>).....	71
38.	Torres 16 y 17 de la línea de transmisión Madre Tierra – Pantaleón 230 kV.....	72
39.	Sitios visitados en la línea de transmisión Pacífico – Santa Ana 230 kV ..	73
40.	Torres 21A y 22A de la línea de transmisión Pacífico – Santa Ana 230 kV.....	74
41.	Vano entre Torres 28 y 29 de la línea de transmisión Pacífico – Santa Ana 230 kV.....	75
42.	Vano entre Torres 15 y 16 de la línea de transmisión Pacífico – Santa Ana 230 kV.....	76
43.	Vano entre Torres 7 y 8 de la línea de transmisión Pacífico – Santa Ana 230 kV.....	77
44.	Sitios visitados en la línea de transmisión Siquinalá – Pantaleón 230 kV .	78
45.	Torre 12 de la línea de transmisión Siquinalá – Pantaleón 230 kV paralela a estructura de la línea de transmisión Siquinalá – Palo Gordo 230 kV.....	79

TABLAS

I.	Propietarios de red de transmisión.....	XXX
II.	Tipos y características de los dispositivos desviadores de vuelo de aves	33
III.	Semanas versus hallazgos	59
IV.	Fincas visitadas para encuestas	68
V.	Resumen de las entrevistas realizadas.....	80
VI.	Estimación de cantidad de desviadores, trazo 1	86
VII.	Estimación de cantidad de desviadores, trazo 2	87

VIII. Estimación total de la inversión90

LISTA DE SÍMBOLOS

cm	Centímetros
\$	Dólar americano
USD	Dólares americanos
°	Grados
°C	Grados centígrados
kcal	Kilocalorías
km	Kilómetros
km²	Kilómetros cuadrados
km/h	Kilómetros/hora
kV	Kilovoltios
MW	Megavatios
m	Metros
m²	Metros cuadrados
mm	Milímetros
'	Minutos
min/km	Minutos/kilómetro
%	Porcentaje
”	Segundos
s.f.	Sin fecha

GLOSARIO

Anillo Pacífico Sur	Lote contemplado en el Plan de Expansión del Sistema de Transporte 2012-2021.
AMM	Administrador del Mercado Mayorista.
APS	Anillo Pacífico Sur.
Avifauna	Conjunto de especies de aves que habitan una determinada región.
Balizas	Dispositivo que se coloca para la orientación del tráfico aéreo.
BFD	Bird Flight Diverters (desviadores de vuelo de aves).
Biomasa	Cantidad de productos obtenidos por fotosíntesis, susceptibles de ser transformados en combustible.
Bosque de galería	Denominación de la formación vegetal o bosque caracterizado por su vinculación a la ribera de un río o entidad hidrológica equivalente.
Cadencia	Ritmo o repetición de determinados fenómenos, como sonidos o movimientos, que suceden con cierta regularidad.

Caminamiento	Recorrido realizado en el cual se busca inspeccionar y capturar información relevante.
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica.
CMUNCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
CONAMA	Comisión Nacional de Medio Ambiente.
CONAP	Consejo Nacional de Áreas Protegidas.
COP21	21ª Conferencia de las Partes (Conferencia sobre el Cambio Climático).
CRIE	Comisión Regional de Interconexión Eléctrica.
Cruceta	Estructura utilizada para soportar los conductores de una línea de transmisión y sus aisladores.
DEGT	Duke Energy Guatemala.
Desviadores de vuelo	Dispositivo colocado en las líneas de transmisión, colocado como medida de precaución para que las aves eviten la colisión con el tendido eléctrico.
DIGARN	Dirección de Gestión Ambiental y Recursos Naturales
EEBIS	EEB Ingeniería y Servicios, Sociedad Anónima.

EIA	Estudio de impacto ambiental.
EOR	Ente operador regional.
EPR	Empresa Propietaria de la Red.
ETCEE	Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica.
GEI	Gases de efecto invernadero.
INDE	Instituto Nacional de Electrificación.
KATÚN	Veinte años (calendario maya).
Línea de transmisión	Conjunto de estructuras diseñadas para transportar energía eléctrica de manera eficiente de un punto a otro.
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
MEM	Ministerio de Energía y Minas.
MER	Mercado Eléctrico Regional.
Monitoreo	Proceso sistemático de recolectar, analizar y utilizar información para hacer seguimiento al progreso de un programa en pos de la consecución de sus objetivos.

NCC	Normas de coordinación comercial.
NCO	Normas de coordinación operativa.
NDC	Contribución determinada a nivel nacional.
NEAST	Normas de Estudio de Acceso al Sistema de Transporte.
NTAUCT	Normas Técnicas de Acceso y Uso de la Capacidad de Transporte.
NTC	Número total de colisiones.
ODS	Objetivos de desarrollo sostenible.
Percha	Estructura de madera horizontal destinada al reposo de las aves.
PET	Plan de expansión de transporte.
Piscícola	Estanque artificial dedicado a la acuicultura.
Policloruro de vinilo	Producto de la polimerización del monómero de cloruro de vinilo. Es el derivado del plástico más versátil. Se puede producir mediante cuatro procesos diferentes: suspensión, emulsión, masa y solución.

Polipropileno	Polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno (o propeno).
Precipitación	Agua procedente de la atmósfera, y que en forma sólida o líquida se deposita sobre la superficie de la tierra.
PVC	Policloruro de vinilo
Rastro	Definido en este estudio como cualquier evidencia que de indicio de la presencia de mamíferos (heces, excavaciones, olores, entre otros).
RECSA	Redes Eléctricas Centroamericanas, Sociedad Anónima.
RTR	Red de transmisión regional.
SIEPAC	Sistema de Interconexión eléctrica de los países de América Central.
SNI	Sistema nacional interconectado.
Subestación	Instalación destinada a modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica, para facilitar el transporte y distribución de la energía eléctrica.

TC	Tasa de colisiones.
TRANSESUSA	Transportes Eléctricos del Sur, Sociedad Anónima.
TRANSNOVA	Transmisión de Energía Renovable, Sociedad Anónima.
TRECSA	Transportadora de Energía de Centroamérica, Sociedad Anónima.
TRELEC, S.A.	Transportista Eléctrica Centroamericana, Sociedad Anónima.
TREO	Transporte de Electricidad de Occidente, Sociedad Anónima.
Tresbolillo	Dicho de colocar en filas paralelas, de modo que las de cada fila correspondan al medio de los huecos de la fila inmediata, de suerte que formen triángulos equiláteros.
TV	Total de vuelos.
Vano	Distancia entre dos estructuras, generalmente postes o torres.

RESUMEN

Las líneas de transmisión son el medio por el cual se transporta energía eléctrica de una subestación a otra. Las líneas de transmisión de 230 kV son las líneas de mayor voltaje en Guatemala, exceptuando la línea de transmisión para la interconexión con México, la cual opera a un nivel de 400 kV. El Sistema Nacional Interconectado (SNI) previo al Proyecto Plan de Expansión de Transporte 2008-2018 'PET-01-2009', era un sistema vulnerable propenso a fallas y a salidas continuas por las mismas, por lo que era necesario fortalecer la red eléctrica existente en los niveles de voltaje de 69, 138 y 230 kV.

En febrero 2009, se presentó el Plan de Expansión del Sistema de Transporte 2008-2018, el cual en su Resumen Ejecutivo indicaba que el mismo:

Se enfoca en la constitución de redes anilladas o malladas con la finalidad de que el mismo cumpla con el criterio de seguridad operativa (N-1), lo que significa que, al perder un elemento de la red, esta puede continuar con su desempeño normal. (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2008, p.1).

En la actualidad, el SNI está constituido por redes radiales que, como se ha observado, son bastante vulnerables ante la pérdida de uno de sus elementos. Por dicho motivo, se crearon los Planes de Expansión de Transporte y el Plan Indicativo de Generación, los cuales pretenden el fortalecimiento del Sistema Nacional Interconectado y el aumento en el índice de cobertura nacional.

En el año 2011, se elaboró el Plan de Expansión de Transporte 2012-2021 (PET-2), el cual era un proyecto que vendría a fortalecer el PET-01-2009,

complementando muchas de las obras principalmente en el voltaje de 69 kV. Sin embargo, y a excepción del Plan de Expansión del Sistema de Transporte 2008-2018, el mismo no salió a licitación pública. Debido a que las obras se dieron a conocer a través del documento *Perspectivas de los Planes de Expansión 2012* (2012) emitido por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, CNEE, el Anillo Pacífico Sur era uno de los anillos propuestos en dicho documento. Por lo tanto y de acuerdo con lo indicado en la Resolución CNEE-265-2012, el mismo fue solicitado y adjudicado por la modalidad iniciativa propia a las entidades EBB Ingeniería y Servicios, Sociedad Anónima en conjunto con Compañía Agrícola Industrial Santa Ana, Sociedad Anónima; Ingenio Magdalena, Sociedad Anónima; Pantaleón, Sociedad Anónima; La Unión, Sociedad Anónima y Central Agro Industrial Guatemalteca, Sociedad Anónima. Las obras de construcción iniciaron en el segundo trimestre del año 2015 y luego de haber cumplido con las normativas establecidas por los diferentes órganos regulatorios, las últimas obras de dicho Anillo fueron habilitadas comercialmente en el mes de diciembre 2018.

Un proyecto de transmisión previo a iniciar su construcción debe contar con una licencia ambiental vigente, la cual es consecuencia del estudio de impacto ambiental (EIA) aprobado. La licencia, entre otros temas, hace énfasis al cuidado permanente que debe haber de la flora y fauna del sector. Por ende, para el cuidado de la fauna intrínsecamente está el cuidado principal de las aves, ya que la fauna terrestre no tendrá contacto con el tendido eléctrico, es para las aves que se puede presentar cierto riesgo. Por lo tanto, uno de los requisitos indicados en la resolución ambiental, era llevar a cabo acciones de seguimiento, evaluación y control de accidentes, colisiones y/o muerte de aves a raíz de la instalación del tendido eléctrico y dependiendo de los resultados obtenidos, analizar si fuera necesario instalar dispositivos desviadores de vuelo de aves en dicho tendido eléctrico.

Desde los años ochenta, diversos estudios han evidenciado que la instalación de nuevas líneas de transmisión puede ocasionar accidentes con algunas especies de aves, las cuales se convierten en víctimas principalmente por colisiones con los cables conductores. Varios casos revelan que las aves de mediano y gran porte son más susceptibles a los accidentes con líneas de transmisión, dentro de ellas, las aves acuáticas como gansos, patos y garzas (Heijins, 1980)

En 2007, se evidenció que los desviadores de vuelos de aves habían sido implementados en países de Europa principalmente, aunque también en Colombia, Chile, Perú y en países africanos como Sudáfrica se han implementado y se ha determinado que generan para las aves un impacto visual y audible (al momento de existir fuerte viento), haciendo posible que las aves en vuelo perciban la línea de transmisión y así eviten la colisión. Se estima que en la mayoría de estos países se lograron reducir las colisiones hasta en un 80 % (Manzano Fischer, 2007, p.38).

Cabe mencionar que, en Guatemala, la instalación de dispositivos desviadores de vuelo de aves ha sido poco implementada, ya que existen líneas de transmisión actualmente en operación, que probablemente pudieran requerir la instalación de dispositivos desviadores, pero se desconoce si se ha requerido la instalación de dichos dispositivos. En el año 2015, únicamente en el Proyecto SIEPAC, proyecto que tiene como función interconectar por medio de una línea de transmisión de 230 kV de un poco más de 1,790 kilómetros de longitud a los países de Centroamérica desde Guatemala hasta Panamá, había realizado la instalación de dispositivos desviadores de vuelo de aves en ciertos tramos de la línea de transmisión Panaluya – San Nicolás (Honduras), especialmente, en los tramos donde la línea cruza un cuerpo de agua, como lo es el Río Motagua en el departamento de Zacapa (Empresa Propietaria de la Red, 2015).

En el mes de noviembre del año 2014, entró en operación comercial la línea de transmisión Chixoy II – San Agustín 230 kV y en los meses de mayo y agosto del año 2015, lo hicieron las líneas de transmisión Morales – Panaluya 230 kV y Tactic – Izabal 230 kV, respectivamente, pertenecientes al Proyecto PET-01-2009, para las cuales se determinó luego de análisis efectuados e inspecciones en campo que, como medida de prevención, era necesaria la instalación de dispositivos desviadores de vuelo de aves, principalmente en la infraestructura cercana a cuerpos de agua como el río Motagua y el río Polochic.

Debido a que la instalación de los dispositivos desviadores de vuelos representa un costo significativo para el proyecto, se requería determinar si era necesario instalar los mismos y si el resultado que se llevaría a cabo, exigía su instalación, había que determinar en qué puntos instalarlos.

Por lo anterior, previo a que iniciara la construcción del proyecto, se seleccionaron 2 áreas cercanas al mismo donde existieran líneas de transmisión de 230 kV instaladas y que no tuvieran dispositivos desviadores de vuelo, para monitorear si existían colisiones de aves y con qué frecuencia ocurrían.

Durante 10 semanas, los lunes y martes de los meses de enero, febrero y marzo del año 2015 se realizaron recorridos en búsqueda de aves muertas por colisión en ciertos tramos de la línea de transmisión existente Escuintla I – Siquinalá 230 kV (propiedad de la Empresa de Transporte de Control y Energía Eléctrica (ETCEE) del Instituto Nacional de Electrificación (INDE). Durante este tiempo no se encontró evidencia de colisiones de aves con las líneas de transmisión y se concluyó en ese momento que no era necesaria la instalación de dispositivos desviadores de vuelo.

Años después, en el mes de junio del año 2018, se procedió a realizar un recorrido en la Subestación eléctrica La Unión 230 kV y torres cercanas. El objetivo era determinar el comportamiento de las aves en sitios donde hubiera líneas de transmisión ya construidas y que tenían en su cercanía cuerpos de agua de pequeño tamaño, dos piscícolas en este caso. Sin embargo, se determinó que no se presentaban colisiones y, por ende, tampoco había fallecimiento de aves por esta causa.

Por último, en el mes de mayo de 2019, se realizaron varios recorridos seleccionando algunas áreas en donde era posible el acceso y así se pudiera determinar por medio de observaciones y de encuestas a personas que trabajan o viven en dichas áreas, si en las líneas de transmisión que ya se encuentran en operación comercial del Anillo Pacífico Sur, se presentaban colisiones de aves, lo que determinó que en la mayoría de los casos que no se han presentado muertes de aves por colisión.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- Descripción del problema

Todo proyecto de energía eléctrica tendrá un impacto en el ambiente al momento de su instalación y durante su operación. Lo que se debe considerar, es que estos proyectos tengan la menor injerencia posible en el ambiente y sean amigables con el mismo.

Las líneas de transmisión requieren para su instalación, modificación en el uso de la tierra donde se instalarán las estructuras, así como la reducción en la vegetación en donde se coloque tendido eléctrico y, por ende, un impacto en vida silvestre de la fauna. Los principales afectados, podrían ser las aves, principalmente si el sector es visitado por aves de gran tamaño o aves migratorias.

- Formulación del problema

La mayoría de las líneas de transmisión en Guatemala, no cuentan con dispositivos desviadores de vuelo de aves. En algunos casos, porque el área de ubicación no lo demanda y en otros casos, porque al momento de su instalación no se consideró necesario. Estos dispositivos son necesarios principalmente por precaución, en sitios donde las líneas de transmisión están cercanas a cuerpos de agua de un volumen considerable o bien, en sitios donde se han establecido rutas migratorias para las aves.

- Pregunta central

¿Es necesaria la instalación de dispositivos desviadores de vuelo de aves en las líneas de transmisión del Anillo Pacífico Sur?

- Preguntas auxiliares

Debido a que es poco frecuente encontrar dispositivos desviadores de vuelo de aves instalados en líneas de transmisión en el territorio nacional guatemalteco, y si en este sector se llegara a determinar que es necesaria la instalación de estos, surgen las siguientes preguntas:

- ¿Qué cantidad de dispositivos desviadores de vuelo de aves, sería necesario instalar para este proyecto?
- De ser necesaria su instalación, ¿cuál sería el monto aproximado de los dispositivos y qué tanto afectaría en la inversión para el proyecto?
- ¿Abrirá la posibilidad de que se instalen dispositivos desviadores de vuelo de aves en otras líneas de transmisión instaladas en el país?

- Delimitación del problema

Lograr que el proyecto no perjudique la avifauna del sector. En este caso se buscará que el tendido eléctrico de más de 90 kilómetros del proyecto no modifique el ecosistema y esto no cause la muerte de aves por colisiones en las líneas de transmisión.

OBJETIVOS

General

Determinar la necesidad de la instalación de dispositivos desviadores de vuelo de aves en las líneas de transmisión a construir en el Proyecto Plan de Expansión de Transporte 2012-2021, Anillo Pacífico Sur.

Específicos

- Realizar un monitoreo en el cual se intenten localizar aves que hayan fallecido debido a una colisión en las líneas existentes del sector para determinar la necesidad de instalación de desviadores de vuelos en el Anillo Pacífico Sur.
- Establecer el tipo de dispositivos desviadores de vuelos de aves a instalar en el Anillo Pacífico Sur si fuese necesaria su instalación.
- Determinar las áreas donde sería necesario instalar los dispositivos desviadores de vuelo de aves, en caso de que los resultados indiquen que es necesaria la instalación de los mismos, así como un costo aproximado.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

El tipo de estudio que se busca realizar es descriptivo, en el cual la información a recolectar no cambiará el entorno, es decir, no habrá manipulación. En ocasiones, estos se conocen como estudios “correlacionales” o “de observación. Los estudios descriptivos se llevan a cabo para demostrar las asociaciones o relaciones entre las cosas en el entorno. (U.S. Department of Health & Human Services, s.f.)

Para determinar la necesidad de la implementación de los dispositivos, será necesario llevar a cabo 5 fases:

- Fase 1: revisión bibliográfica de fuentes de información

Las fuentes bibliográficas de investigaciones llevadas a cabo en otros países otorgaron un panorama de la problemática y la manera de resolver la misma. Es necesario precisar las variables a estudiar y que puedan ser objeto de medición tanto en las fuentes bibliográficas como en el estudio de campo. Principalmente las variables son: aves, alturas, distancias, vanos, conductores, entre otros.

- Fase 2: determinación de tramos para la realización del estudio

En esta fase, el estudio se dividió en dos partes. En la primera parte, el estudio fue previo a la instalación del tendido eléctrico, y en la segunda parte, cuando ya el proyecto se encontraba finalizado.

En el primer caso, el objetivo era realizar una visita de reconocimiento a las áreas cercanas a la ubicación del proyecto para ubicar las líneas de transmisión existentes y escoger tramos que tuvieran fácil acceso y estar preferentemente sobre áreas de pastoreo o cultivos de bajo porte que permitan la observación de aves. Por dicho motivo, se escogieron 2 tramos de la línea Escuintla I – Siquinalá 230 kV dedicadas al cultivo de caña de azúcar.

En la segunda parte, se escogieron también sitios de fácil acceso y en el cual se pudiera realizar monitoreos, presentando los mismos una vegetación de un tamaño considerable. Se logró también acceder a zonas con cuerpos de agua de pequeño volumen, para determinar el comportamiento de las aves en el mismo. Los sitios que se recorrieron eran parte de las líneas de transmisión Madre Tierra – La Unión 230 kV, Siquinalá – Pantaleón 230 kV, Pacífico – Santa Ana 230 kV y Madre Tierra – Pantaleón 230 kV.

- Fase 3: búsqueda y conteo de aves muertas por colisiones con las líneas de transmisión

En esta fase se buscará resolver la pregunta principal de los objetivos, ya que es casi imposible observar y cuantificar las colisiones por observación directa, el estimativo del total de colisiones se basará en la búsqueda de cadáveres debajo de las líneas. La búsqueda se realizará recorriendo el terreno debajo de las líneas de manera perpendicular al vano de la línea, en una franja de 200 metros de ancho (100 metros a cada lado del centro de la línea) según lo que se recomienda para líneas de esta tensión, buscando e identificando cuerpos y/o restos de aves que presumiblemente han colisionado con la línea de transmisión.

Si en dado caso, se presentan colisiones y se encuentran cadáveres, es necesario determinar los sectores más propensos a colisión y con base en esto, determinar tramos para la instalación de dispositivos.

- Fase 4: análisis económico de la implementación del equipo

En esta fase se determinará el impacto económico para el proyecto, en el caso de que los resultados demuestren que es estrictamente necesario instalar dispositivos desviadores de vuelo de aves en el tendido eléctrico.

- Fase 5: determinación de dispositivos a instalar

De acuerdo con los resultados que se reflejen en la fase previa, será necesario determinar el tipo de dispositivos a utilizar, ya que en el mercado se presentan varios modelos utilizados en líneas de transmisión como en líneas de distribución.

INTRODUCCIÓN

El Plan de Expansión de Transporte 2012-2021, denominado también PET-2 determinaba la construcción de 6 lotes o anillos, entre los cuales se encuentra el Anillo Pacífico Sur. Dicho anillo consistía en la construcción de 4 subestaciones nuevas, reconfiguración a 2 subestaciones y ampliación a 1 subestación existente, así como la construcción de más de 90 kilómetros de líneas de transmisión a 230 kV (kilovoltios), en 6 municipios del departamento de Escuintla. Las obras por construir, de acuerdo con la resolución CNEE-265-2012, eran las siguientes:

- a. Nueva Subestación Pantaleón 230 kV.
- b. Nueva Subestación Madre Tierra 230 kV.
- c. Nueva Subestación La Unión 230 kV
- d. Nueva Subestación Santa Ana 230 kV.
- e. Línea de transmisión Nueva Siquinalá – Pantaleón 230 kV.
- f. Línea de transmisión Nueva de doble circuito Magdalena – Pacífico 230 kV.
- g. Línea de transmisión Nueva La Unión – Magdalena 230 kV.
- h. Línea de transmisión Nueva Pantaleón – Madre Tierra 230 kV.
- i. Línea de transmisión nueva Madre Tierra – La Unión 230 kV.
- j. Ampliación de la Subestación existente Siquinalá 230 kV.
- k. Ampliación de la Subestación existente Magdalena 230 kV.
- l. Ampliación de la Subestación Pacífico 230 kV en proceso de construcción. (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2012, p.3)

Actualmente, dicho anillo se encuentra finalizado y las obras fueron habilitadas comercialmente en las siguientes fechas: ampliación de la Subestación Pacífico 230 kV, Nueva Subestación Santa Ana 230 kV y línea de transmisión Pacífico – Santa Ana 230 kV (circuito 1 de la línea de transmisión nueva de doble circuito Magdalena – Pacífico 230 kV), en noviembre 2016; Ampliación de la subestación existente Magdalena 230 kV y línea de transmisión nueva de doble circuito Magdalena – Pacífico 230 kV (circuito 2), en octubre 2017; Nueva Subestación La Unión 230 kV, línea de transmisión nueva La Unión – Magdalena 230 kV, Nueva Subestación Madre Tierra 230 kV, línea de transmisión nueva Madre Tierra – La Unión 230 kV, Nueva Subestación Pantaleón 230 kV y línea de transmisión nueva Pantaleón – Madre Tierra 230 kV, en noviembre 2017; y la Ampliación de la subestación existente Siquinalá 230 kV, así como la línea de transmisión nueva Siquinalá – Pantaleón 230 kV, en diciembre 2018.

Cabe mencionar que este proyecto se suma al Sistema Nacional Interconectado (SNI), el cual a diciembre del año 2018 estaba distribuido de la siguiente manera:

Tabla I. Propietarios de red de transmisión

ENTIDAD	Kilómetros de línea de transmisión				TOTAL
	400 kV	230 kV	138 kV	69 kV	
Estatal					
ETCEE	71.2	465	367.1	2,286.7	3,189.9
				Subtotal	3,189.9
Privado					
TREO		132.2			132.2
TRELEC, S.A.		64.36		620.52	684.88
TRANSNOVA		34.52			34.52

Continuación de la tabla I.

ENTIDAD	Kilómetros de línea de transmisión				
	400 kV	230 kV	138 kV	69 kV	TOTAL
EPR		284.5			284.5
DEGT		32			32
RECSA		-		31.12	31.12
TRECSA		401.13		17.84	418.97
TRANSESUSA		28.12			28.12
EEBIS		95.28			95.28
				Subtotal	1,741.59
				TOTAL	4,931.49

Fuente: Ministerio de Energía y Minas. *Plan de Expansión del Sistema de Transporte 2020-2034*. Consultado el 30 de septiembre de 2020. Recuperado de <https://www.mem.gob.gt>.

De estos 4,931.49 km de línea de transmisión, el 64.68 % es propiedad estatal, es decir, le pertenece a la Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica (ETCEE) que es dependencia del Instituto Nacional de Electrificación (INDE), y el 35.32 % le pertenece a entidades privadas, distribuidas como lo muestra la Tabla anterior.

La instalación del tendido eléctrico de cualquier proyecto crea un impacto sobre la Avifauna del área donde éste se lleve a cabo. A menudo se aprecia en líneas de transmisión y de distribución, la presencia de nidos sobre el tendido eléctrico. En esta zona geográfica ya se cuenta con estructuras metálicas y un cableado de alta tensión y es notorio que las aves se encuentran adaptadas a ellas e inclusive, las utilizan en algunas ocasiones para sus anidamientos.

En el capítulo 1 se determinarán las condiciones bióticas y físicas de la zona que afectará el proyecto, ya que es necesario conocer todos los factores que

inciden y que son intrínsecos al sector, conociendo el tipo de suelo, la actividad volcánica, la avifauna del lugar, entre otros.

En el capítulo 2 se hará referencia a los problemas más comunes que existen entre aves y líneas de transmisión encontrados en diversas fuentes bibliográficas. Así mismo, se conocerán las soluciones planteadas e implementadas en los últimos años, ya que los accidentes de aves en instalaciones eléctricas generan preocupación en las entidades relacionadas con el transporte y distribución de energía y las que están dedicadas a la conservación de la naturaleza. Varios trabajos científicos en países de Europa principalmente han puesto de manifiesto desde hace varios años, que los accidentes en líneas eléctricas, colisión y electrocución, constituyen puntualmente una de las causas más importantes de mortalidad de algunas especies de aves y un motivo determinante de la reducción de sus poblaciones.

Para la reducción de accidentes y erradicación del problema de las colisiones y/o electrocuciones, se han implementado diversas acciones, algunas muy rigurosas como ejecutar variantes en trazos de la línea de transmisión a instalar, así como la modificación de las estructuras (torres y/o postes), lo cual implica un incremento en el costo del proyecto, lo cual pudiera significar a la larga, una inviabilidad del mismo. El sistema más estudiado y el más efectivo reportado en diversas bibliografías, es la colocación en el cable de guarda de dispositivos para el desvío de vuelo de aves, los cuales se conocerán en el capítulo 3.

En el capítulo 4 se mencionarán las principales leyes que se deberán respetar de la normativa ambiental, así como los aspectos regulatorios que no se deben pasar por alto en este tipo de proyectos.

Finalmente, en el capítulo 5 se tienen como objetivos presentar y discutir los resultados encontrados en campo luego de la realización de monitoreos y recorridos, describiendo los hallazgos e información relevante que pueda otorgar un panorama referente a la implementación de los dispositivos desviadores de vuelos de aves y que además otorgue una idea de las principales necesidades a cubrir en este sector luego de la instalación de las nuevas líneas de transmisión. Con base en lo observado y percatado, se analizará si debe ser necesaria la instalación de los dispositivos desviadores de vuelo de aves.

Es importante mencionar, que los resultados en otros países fueron importantes luego de la implementación de los dispositivos desviadores de vuelo, la reducción en las muertes de las aves fue notoria creando con esto un impacto positivo. A lo largo de los años, se ha ido modificando el diseño de los desviadores de vuelo, ya que, al estar expuestos a la intemperie, algunos presentaban un tiempo de vida corto, reduciendo así su eficacia. Los materiales han ido cambiando y cada vez es más rentable la colocación de estos dispositivos en las líneas de transmisión.

1. CONDICIONES BIÓTICAS Y FÍSICAS DEL ANILLO PACÍFICO SUR

1.1 Condiciones físicas

El proyecto debe considerar varios aspectos y condiciones, siendo uno de los aspectos importantes, los geológicos del sector, los cuales indican que toda la parte media del departamento de Escuintla se caracteriza por afloramientos de rocas sedimentarias aluvionales con suelos de composición arenosa y limosa así como abundantes cantos rodados y bloques en las planicies de inundación, producto de la erosión, transporte y sedimentación de las rocas volcánicas de las partes altas del departamento hacia el extremo septentrional.

Estas rocas volcánicas del norte son predominantemente flujos piroclásticos, depósitos pumíticos, andesitas, basaltos y riolitas que forman las tierras volcánicas Terciarias y recientes de los edificios volcánicos de Agua y de Fuego, así como de complejos montañosos y volcanes del terciario en sectores entre Escuintla – Santa Lucía Cotzumalguapa al sur y las faldas de los volcanes recientes al norte.

Para una mejor apreciación, la entidad Everlife, S.A. que realizó el estudio de impacto ambiental (EIA) del proyecto, dividió el mismo en trazo 1 (Pacífico – Santa Ana – Magdalena) y trazo 2 (Magdalena – La Unión – Madre Tierra – Pantaleón – Siquinalá). El proyecto está ubicado en las planicies de las partes medias de las cuencas de los Ríos María Linda, Achiguate, Coyolate y Acomé. La zona, al estar formada por una potente capa de sedimentos, productos de la erosión y depositación de las rocas y suelos del cinturón volcánico hacia el norte

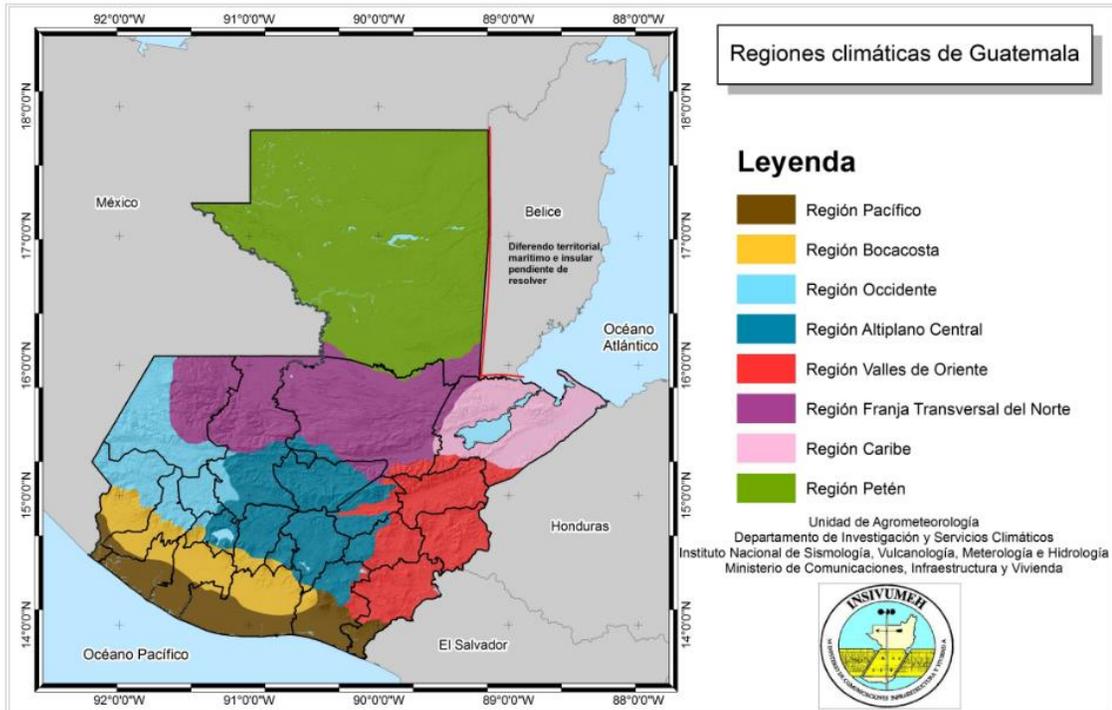
ha cubierto y enmascarado los posibles rasgos estructurales tales como alineamientos, fallas y fracturas. Dicha cubierta de sedimentos ha formado una planicie bastante homogénea.

La planicie costera del Pacífico, donde se encuentra el proyecto, se originó en el Cuaternario como resultado de la erosión, transporte y deposición de las rocas volcánicas, que forman parte del cinturón volcánico.

Los suelos de Escuintla son profundos, bien drenados; se han desarrollado sobre lodo volcánico (lahar) o en toba en un clima cálido, húmedo-seco. Ocupan relieves suavemente inclinados a elevaciones moderadamente bajas en la parte sur central de Guatemala. Están asociados con los suelos Torolita, Yepocapa y Palín, pero ocupan elevaciones más altas, relieves más inclinados, y son más pedregosos que los Torolita; ocupan altitudes menores tienen un relieve menos inclinado y son más profundos que los Yepocapa y Palín. La vegetación natural consiste de un bosque alto, pero casi toda el área está actualmente cultivada.

La región climática donde está ubicado es la perteneciente al Pacífico, la cual se extiende desde el sur del departamento de San Marcos hasta el sur de Jutiapa.

Figura 1. **Regiones climáticas de Guatemala**



Fuente: Insivumeh. *Regiones climáticas*. Consultado el 16 de abril de 2020. Recuperado de <https://www.insivumeh.gob.gt/regiones-climaticas/>.

De acuerdo con los registros del año 2013 que se obtuvieron en el EIA, la temperatura promedio del trazo 1, ha sido registrada alrededor de los 25.43°C a los 27.74°C y la humedad relativa promedio, se mantuvo alrededor de un 64 %. Siempre en el mismo año, para el trazo 2, la temperatura promedio se mantuvo entre 24.86°C y 26.90°C y la humedad relativa promedio, se mantuvo en 67.97 %.

Otro aspecto importante a considerar es el viento del sector. Con respecto a la velocidad del viento promedio para el trazo 1, en el mes de marzo 2013 se presentó el valor más alto, siendo éste de 6.07 km/h.

Además, en el mes de septiembre 2012, se presentó el valor más bajo, siendo éste de 3.76 km/h.

Respecto a la velocidad del viento máxima, en el mes de noviembre de 2012 se presentó el valor más bajo con 19.00 km/h y en el mes de septiembre 2012 se presentó el valor más alto con un promedio de 46.03 km/h. Por lo que el fuerte viento del sector en determinadas épocas del año podría afectar el vuelo de las aves y así su interferencia con las líneas de transmisión.

Para el trazo 2, el EIA refleja valores similares para el viento promedio, siendo el más bajo el registrado en noviembre 2012, el cual fue de 4.31 km/h y el más alto en el mes de marzo de 2013, el cual fue de 6.19 km/h. La velocidad del viento máxima para el trazo 2, en el mes de diciembre de 2012 presentó el valor más bajo con 26.27 km/h y en el mes de junio 2013 se presentó el valor más alto con un promedio de 97.90 km/h.

El nivel de precipitación también juega un papel importante para las aves, y de acuerdo con las mediciones reflejadas en el EIA para el trazo 1, los valores promedio más bajos se dieron en los meses de febrero y marzo 2013, los cuales fueron de 8.53 mm y 3.20 mm. Los más altos, se dieron en octubre 2012 con un promedio de 398.00 mm. Para el trazo 2, los valores más bajos se presentaron en enero y marzo 2013, con un promedio de 13.33 mm y 17.93 mm respectivamente. Los valores más altos se presentaron en agosto 2012, con un promedio de 555.80 mm.

La actividad volcánica, también, debe ser tomada en cuenta, ya que los trazos 1 y 2 del proyecto están a 22 y 19 km respectivamente del volcán más cercano, siendo este el Pacaya y uno de los más activos en la

actualidad. La actividad reciente que se describe tiene registrados 2 eventos de gran magnitud en los últimos 25 años, por lo cual la posibilidad de que un evento de este tipo afecte el proyecto, es baja (Everlife, 2013, p.194-261).

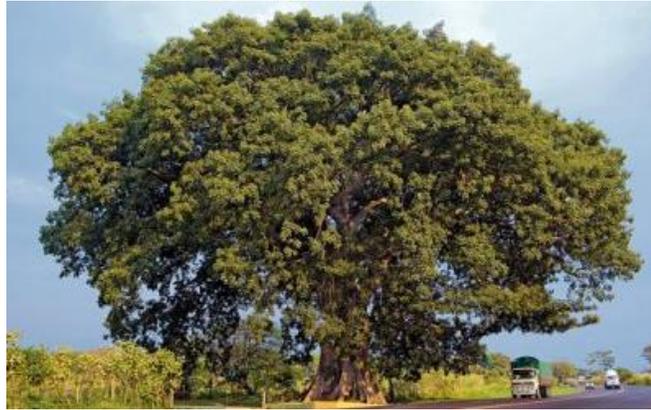
1.2 Condiciones bióticas

Los principales organismos vivos que forman parte del ecosistema de la costa sur y que fueron verificados en el estudio de impacto ambiental, fueron los siguientes:

1.2.1. Flora

Para evaluar la flora de las zonas aledañas al proyecto, en el EIA se utilizó una evaluación de cobertura vegetal rápida, encaminada a lograr una caracterización de las especies más representativas de esta zona de vida, con el propósito de lograr identificar y valorar algunas especies vegetales. Para el trazo 1, de acuerdo con el análisis de cobertura vegetal llevado a cabo, se determinaron 91 especies de flora maderable y no maderable. De estas 91 especies, 44 son especies arbóreas, 16 especies arbustivas y 31 son especies herbáceas. A pesar de que la diversidad de esta área es baja, no resta importancia a la amenaza que pueda existir, ya que estos bosques pueden ser amenazados por diversos factores. Para el trazo 2, como parte del monitoreo de flora, se identificaron 109 especies. De estas, se identificaron 47 especies arbóreas, 16 especies arbustivas y 46 especies herbáceas (dentro de la cuales se encuentran dos especies de orquídeas y dos especies de bromelias).

Figura 2. **Ceiba (*Ceiba pentandra*)**



Fuente: GUATEMALA.COM. *La Ceiba, Árbol Nacional de Guatemala*. Consultado el 14 de septiembre de 2020. Recuperado de <https://www.guatemala.com/>

Las especies indicadoras que más se observaron para el Trazo 1, fueron la Ceiba (*Ceiba pentandra*) y el Guarupo (*Cecropia obtusifolia*); y para el Trazo 2, la Ceiba (*Ceiba pentandra*), el Árbol de Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), la Planta Ave del Paraíso (*Heliconia latispathay*) y el Guarupo (*Cecropia obtusifolia*). Estas especies fueron tomadas como referencia, por ser abundantes, fácilmente identificables y porque cumplen con los siguientes criterios: 1) son especies cuya presencia indica la presencia de un conjunto de otras especies y cuya ausencia indica la falta de tal juego entero de especies; 2) son especies de las cuales cuya adición o sustracción a un ecosistema acarrea cambios sustanciales en la abundancia y ocurrencia de, por lo menos, una especie; y 3) son especies dominantes que proveen de una parte sustancial de la biomasa o del número de individuos en el área (Everlife, 2013, p.282-339).

1.2.2. Fauna

Las principales especies que identificó el estudio de impacto ambiental en la región fueron las siguientes:

- Aves

Para el caso de la fauna, debido a la limitación de tiempo que tuvo la entidad Everlife, S.A. al momento de realizar el Estudio, no realizó un muestreo a largo plazo, por lo cual no se pueden realizar análisis estadísticos de los resultados, más que indicar la presencia o ausencia de las especies de fauna.

Sin embargo, para el trazo 1 se registraron 41 especies de aves, de las cuales 2 son migratorias en época de no reproducción, el Mosquero mínimo (*Empidonax minimus*) y la Paloma aliblanca (*Zenaida asiática*); y 2 son migratorias en época de reproducción, la Reinita gorjiamarilla (*Dendroica dominica*) y la Reinita gorjinaranja (*Dendroica fusca*). Para el trazo 2, registraron un total de 46 especies de aves. De las especies identificadas, la mayoría son resistentes a cambios en el ecosistema, y por ende son de amplia distribución, como el Buitre pavo (*Cathartes aura*), la Tortolita (*Columbina talpacoti*), el Buitre negro americano (*Coragyps atratus*) y el Bienteveo común (*Pitangus sulphuratus*). Así mismo, pudieron observar otras especies como el Garrapatero asurcado (*Crotophaga sulcirostris*) y el Semillero pechicanelo (*Sporophila minuta*), las cuales, a pesar de no ser consideradas especies adaptables, son características de regiones abiertas como los pastizales, sabanas o áreas de cultivos.

Entre las especies identificadas, se pueden mencionar 3 que son especies migratorias en época de no reproducción: el Chorlitejo colirrojo

(*Charadrius v. vociferus*), el Mosquero mínimo (*Empidonax minimus*) y la Paloma aliblanca (*Zenaida asiática*); y 2 son migratorias transitorias o de paso: la Reinita gorjiamarilla (*Dendroica dominica*) y la Reinita gorjinaranja (*Dendroica fusca*), al igual que para el trazo 1.

Figura 3. **Buitre negro americano (*Coragyps atratus*)**



Fuente: Hablemos de aves. *Buitre Americano Negro: Lo que aún no sabes de esta especie*. Consultado el 20 de abril de 2020. Recuperado de <https://hablemosdeaves.com>.

Durante los caminamientos realizados por la referida entidad, manifestaron que en el trazo 1 se observa un mosaico en el paisaje compuesto de parches de bosque conservado, plantaciones de caña y milpa y bosque de galería. En el trazo 2, observaron la dinámica paisajística originada como consecuencia de los distintos tipos de uso de la tierra del área. Esto permite la disponibilidad de diversos microhábitats y nichos ecológicos para las distintas especies que requieren diferentes condiciones y características para su refugio y alimentación. Esta área cuenta con una amplia diversidad de plantas, las cuales proveen refugio y alimentación necesarios a la avifauna (Everlife, 2013, p.342-343).

Es importante mencionar, la elevada tasa de adaptabilidad de las especies. Se puede evidenciar mediante las siguientes fotografías, el uso que las aves le han dado a los cables de transporte de energía. Con esto, se aprecia que el área de estudio ya se cuenta con estructuras y tendido conductor de energía eléctrica y que estas especies se encuentran completamente adaptadas a ellas. Es por ello por lo que se considera que la implementación del proyecto no tuvo ningún impacto negativo en la avifauna del área.

Figura 4. **Tirano tropical (*Tyrannus melancholius*)**



Fuente: Everlife, S.A. (2013). *Estudio de impacto ambiental, Plan de Expansión del Sistema de Transporte.*

- Mamíferos

A partir de las distintas entrevistas y la observación directa que realizaron personeros de la entidad, se determinó que la mayoría de las especies de mamíferos existentes en el área de influencia del proyecto son especies generalistas y de amplia distribución, asociadas a los bosques de galería como el Mapache (*Procyon lotor*) y el Coyote (*Canis latrans*).

Cabe resaltar que la pérdida de hábitat ocasionada por el avance de la industria azucarera y de la frontera agrícola ejerce presión sobre este grupo de animales que dependen directamente de los recursos del bosque. Así mismo, es importante mencionar que en el área de estudio se practica la cacería de especies cinegéticas, principalmente con fines de subsistencia.

El EIA identificó 10 especies, entre las que resaltan: los coyotes, (*Canis latrans*), las ardillas (*Sciurus aureogaster*), los mapaches (*Procyon lotor*) y las cotuzas (*Dasyprocta punctata*). Sin embargo, se considera que la construcción de las torres y líneas de transmisión no afectará a los dichos mamíferos ya que estas especies, son sumamente adaptables a los cambios en su entorno. Así mismo es importante resaltar que los ecosistemas del área se encuentran sumamente intervenidos, por lo que las especies presentes en el área ya han desarrollado comportamientos específicos para vivir en este entorno.

Figura 5. **Mapache (*Procyon lotor*)**



Fuente: OKDIARIO. *5 curiosidades del mapache que demuestran lo sorprendentes que son.*
Consultado el 01 de junio de 2020. Recuperado de <https://www.okdiario.com>

- Anfibios y reptiles

La mayoría de estas especies se caracterizan por ser poco notables durante el día, presentando su actividad principalmente en las noches, por lo que, a lo largo de los caminamientos realizados por la entidad, el registro de especímenes fue escaso. Por dicho motivo, los personeros procedieron a realizar entrevistas con trabajadores del área sobre la presencia de reptiles y anfibios.

El EIA identificó entre los dos trazos, aproximadamente 14 especies entre las que resaltan: sapos (*Chaunus marinus*), ranas (*Lithobates maculatus*), lagartijas (*Sceloporus squamosus*), corales (*Micrurus nigrocinctus*), iguanas verdes (*Iguana iguana*) y masacuatas (*Boa constrictor*).

Las especies de anfibios identificadas en el área de influencia del proyecto, fueron observadas principalmente en áreas cercanas a fuentes de agua como riachuelos o pequeños estanques. Se determina que estas especies son abundantes y de amplia distribución en todo el territorio nacional. Al ser especies poco exigentes, son sumamente volubles, permitiéndoles así poder adaptarse a los diversos hábitats presentes en la Costa Sur.

En lo que respecta a las especies de reptiles identificadas en el área del proyecto, la mayoría fueron observadas en cercanías y/o dentro de las áreas de cultivo. Es importante mencionar que los cultivos presentes en el área, principalmente caña de azúcar, brindan microhábitats estables que ofrecen sitios de refugio y fuentes de alimentación para estas especies. Así mismo, es importante evidenciar la aparente disminución de especies de serpientes, lo cual se debe principalmente a las prácticas agrícolas, la tala y limpia de áreas boscosas y la quema de sitios para la preparación de siembra de cultivos (rozas).

Figura 6. **Lagartija (*Sceloporus squamosus*)**



Fuente: Wikipedia. *Sceloporus*. Consultado el 01 de noviembre de 2020. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Sceloporus>

2. RELACIÓN ENTRE AVES Y LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

2.1 Consideraciones previas a la construcción de líneas de transmisión

Los proyectos de transmisión deben prever diversos impactos que puedan ocurrir con la construcción de los mismos. Uno de los problemas principales y que relaciona a las aves, es el de la colisión con el tendido eléctrico.

Las consideraciones principales que se deben tomar en cuenta previo a la construcción son:

- Las líneas no deberían construirse atravesando cuerpos de agua, salvo que exista una gran necesidad.
- Las líneas no deben cruzar por lugares donde se aglomeran aves de cualquier tipo.
- Las aves no deben ser molestadas cuando se encuentren cerca de líneas existentes.
- Incrementar la visibilidad de las líneas, especialmente en el cable de guarda, con dispositivos como desviadores de aves de vuelo.

Sin embargo, si se llegase a obviar alguna de las consideraciones antes citadas por razones económicas o técnicas, habrá que implementar otro tipo de soluciones y se deberá tener una vigilancia periódica que respalde que las estructuras y su equipo instalado no generan un problema para las aves.

En el caso de que las estructuras sean instaladas, habrá algunas consideraciones técnicas que se deberán implementar, tanto para el cuidado de las aves como para el cuidado de las estructuras mismas.

Por ejemplo, habrá que considerar la contaminación en las líneas de energía, lo cual ocurre principalmente por dos motivos:

- Fallas causadas por chorros de excremento. Suelen ocurrir temprano por la mañana o a primeras horas de la tarde, esto debido a los patrones de actividad de las aves.
- Fallas causadas por un depósito de excremento sobre aisladores y otras partes de la estructura, que al humedecerse hace que se pierda la capacidad aislante, se vuelva conductor y cause una falla.

En Sudáfrica, la compañía de electricidad Eskom ha realizado diversos estudios sobre el tema. En una línea de 132 kV se encontró que el 45 % de las variaciones de voltaje eran causadas por actividad de zopilotes en las líneas. Las estructuras afectadas estaban a 300 metros de un área de disposición de ganado muerto. Eskom estimó que las fallas causadas por contaminación con excretas representan un gasto anual a la economía del país de más de 2 millones de dólares al año.

Los zopilotes y otras aves grandes como águilas o grullas, son los principales causantes del problema del excremento. Las aves pueden contaminar las estructuras ya sea al perchar o al hacer sus nidos sobre estas. El problema se presenta en líneas de baja, media y alta tensión. Las fallas ocurren cuando la separación entre los aisladores es cerrada por un chorro continuo de excremento,

o cuando la cadena de aisladores se encuentra cubierta por una capa de excremento que puede reducir su capacidad aislante.

Para evitar la contaminación en estructuras se deben usar diversas modificaciones simultáneamente. En muchos casos, la utilización de dispositivos guarda-percha permite evitar que las aves se posen sobre las áreas críticas, al tiempo que se instalan perchas alternativas para dirigir a las aves a los sitios “seguros”. Además, se recomienda la utilización de cubiertas para aisladores hechas con materiales resistentes y durables, las cuales protegen los aisladores de la contaminación.

La modificación de estructuras puede ser muy costosa, lo ideal es entender la situación del área, de preferencia se debe contar con la asesoría de un experto que ayude a determinar la ubicación de las modificaciones para lograr mejores resultados.

Figura 7. **Sombrero de chino colocado sobre aisladores**



Fuente: Manzano Fischer. (2007). *Principales conflictos entre aves y líneas de energía eléctrica.*

Habrá que considerar los anidamientos también, los cuales ocurren en líneas de baja, media y alta tensión. Los nidos, o el material que sobresale de estos, pueden causar cortes de energía e interfieren con el mantenimiento de las líneas. Estos se presentan especialmente en áreas donde las estructuras ofrecen un sitio protegido de los depredadores, o donde son escasos los árboles u otros sitios para anidar.

Figura 8. **Anidamiento sobre torre de transmisión**



Fuente: The Herald. *Man, nature collide*. Consultado el 01 de noviembre de 2020. Recuperado de <https://www.sharonherald.com/>.

2.2 Adaptación de la flora y fauna con las líneas de transmisión

El Estudio de Impacto ambiental realizado para el Anillo Pacífico Sur, tal como se mencionó previamente, evidenció más de 40 especies que residen en el  rea. Se puede resaltar las de influencia directa como: colibr s (*Amazilia rutila*),  guilas de cola corta (*Buteo brachyurus*), Zopilotes o

Buitres negros (*Coragyps atratus*) y pájaros carpinteros (*Campephilus guatemalensis*). Estas especies de aves son especies generalistas y que se encuentran desde bosques, planicies y zonas arbustivas, hasta ecosistemas intervenidos. Es importante mencionar las especies como el Garrapatero asurcado o garrapatero pijuy (*Crotophaga sulcirostris*), el semillerito pechicanelo (*Sporophila minuta*) y el Semillero volatinero (*Volatinia jacarina*); las cuales son características de entornos abiertos tal y como pastizales, sabanas o áreas de cultivos. (Everlife, 2013, p.299-308)

En el área se observa un mosaico en el paisaje compuesto de parches de bosque conservado, plantaciones de caña y milpa y bosque de galería. Esto permite la disponibilidad de diversos microhábitats y nichos ecológicos para las distintas especies que requieren diferentes condiciones y características para su refugio y alimentación (Everlife, 2013, p.302).

Tanto en el caso de las líneas de distribución como de transmisión, se puede decir que las aves suelen usar las estructuras como sitios para perchar y para anidar, y son lugares ideales para cazar. Las estructuras de las líneas eléctricas atraen a las aves por diversas razones:

- Incrementan el rango de visión y la velocidad de las aves mientras cazan.
- Los postes son buenas plataformas para cazar y perchar, especialmente en lugares donde la vegetación es baja y el terreno es plano.
- La localización de los postes ayuda a las aves a delimitar sus territorios.
- Los postes brindan sombra o sol dependiendo de las necesidades del ave.

Figura 9. **Nido construido sobre cable de alta tensión**



Fuente: Everlife, S.A. (2013). *Estudio de impacto ambiental, Plan de Expansión del Sistema de Transporte.*

Figura 10. **Chepillo (*Pitangus sulphuratus*) sobre cable de alta tensión**



Fuente: Everlife, S.A. (2013). *Estudio de impacto ambiental, Plan de Expansión del Sistema de Transporte.*

2.3 Conflictos entre aves y líneas de transmisión

La construcción de una infraestructura eléctrica, así como la construcción de edificios, puentes, carreteras, etc., tienden de determinada manera a la reducción y destrucción de hábitat para la fauna y flora silvestre.

Los principales conflictos que enfrentan las aves en las redes de transmisión y distribución de energía eléctrica son:

- Electrocuci3n
- Colisi3n
- Contaminaci3n y da1o por excretas
- Nidos en estructuras
- Da1o a cable de fibra 3ptica

Tambi3n se podr3an mencionar la introducci3n de especies invasoras, p3rdida de h3bitat y generaci3n de corredores con incidencia en fragmentaci3n de h3bitat, pero estos al ser temas m3s profundos, se analizan en otros tipos de estudios.

Seg3n Manzano Fischer (2007):

El n3mero de cortes de energ3a causados por aves se traduce en un alto costo tanto para las comunidades que se quedan sin energ3a, como para las compa13as de electricidad que deben mandar equipos de mantenimiento para arreglar el problema. Dos ejemplos de lo anterior son: 1) En un estudio de 10 a1os en Sud3frica se encontr3 que 38 % de las fallas en las l3neas eran causadas por aves; 2) Pacific Gas & Electric de California, report3 que las interrupciones relacionadas con aves son la tercera causa

de interrupciones en su sistema, y un reporte reciente estima que las interrupciones de energía y la calidad de la misma costó a la economía de California entre \$13.2 mil millones y \$20.4 mil millones cada año. Si las aves causan a nivel estatal un aproximado de 10 % de las fallas, las pérdidas por esta causa podrían llegar 1 millón de dólares en los Estados Unidos (p.8).

La electrocución de aves en líneas eléctricas puede ser el resultado del rápido crecimiento de la población humana y su necesidad de energía. La electrocución de aves no sólo afecta a las poblaciones de las especies involucradas, especialmente a las de rapaces y cuervos, sino que tiene a su vez un impacto considerable en la economía local. Al electrocutarse un ave, pueden incendiarse sus plumas y causar un incendio, lo cual destruye el hábitat de muchas especies (p. 10).

En la República de Eslovaquia morían alrededor de 10,000 aves cada año a causa de electrocución en líneas de distribución de 22 kV, especialmente en postes terminales

En Israel, los buitres griffon y las cigüeñas blancas y negras, mueren por electrocución, principalmente en líneas de distribución de 33 kV, causando daños a las estructuras y al suministro de energía. A partir del 2001 se han implementado esquemas de protección para aves que utilizan principalmente materiales aislantes.

En Rusia y Kazakhstan se utilizan líneas de distribución de 10kv, las cuales causan una gran mortalidad de rapaces, inclusive han afectado las poblaciones de Águila esteparia (*Aquila nipalensis*). Un ejemplo claro del peligro que representan las líneas de distribución, fue el caso de una línea de 11 kms dentro de una reserva natural, donde en el mes de octubre

de 2000, se registró la muerte por electrocución de 200 cernícalos, 48 águilas esteparias, 2 águilas imperiales españolas, un águila de cola blanca y un buitre negro. (p.13).

En México se ha trabajado en la solución de algunos conflictos relacionados con el uso de estructuras eléctricas por las aves. En 1997 se colocaron plataformas de anidación para gavilán pescador (*Pandion haliaetus*) en Baja California. Los gavilanes usaban los postes causando cortes en el suministro de energía y electrocución de aves adultas, problemas que han sido solucionados con la colocación de plataformas artificiales en dichos postes. De hecho, la población de esta especie se ha incrementado gracias al uso que hacen de estructuras artificiales (balizas de señalamiento, plataformas artificiales y postes del tendido eléctrico) como plataformas de anidación (p.14-15).

Desde el punto de vista del ejemplar, la probabilidad de que un ave se electrocute se basa principalmente en varios factores, Manzano Fischer (2007) menciona los siguientes:

La especie:

- Las aves más grandes son más susceptibles a ser electrocutadas
- Las aves de hábitats abiertos (por ejemplo: águila real, aguililla cola roja) son más vulnerables que las especies de aves rapaces que habitan bosques

La edad:

- Las aves jóvenes carecen de la experiencia y control del vuelo que tienen los adultos
- Las águilas reales jóvenes cazan moviéndose de percha en percha, y prefieren utilizar postes de electricidad

Figura 11. **Águila real (*Aquila chrysaetos*) joven electrocutada**



Fuente: Manzano Fischer. (2007). *Principales conflictos entre aves y líneas de energía eléctrica*.

El clima:

- Cuando llueve, las aves mojadas son más susceptibles a electrocución
- Las crucetas instaladas perpendiculares al viento permiten a las rapaces remontarse alejándose de las estructuras y de los cables
- Las crucetas montadas en paralelo a los vientos prevalecientes pueden causar que un ave sea empujada hacia los cables

El cambio estacional:

- En invierno los postes son valiosos sitios de descanso y espera durante la cacería
- En primavera los postes proveen sitios de anidación y perchas para vigilar los territorios
- La abundancia de presas, que varía de estación a estación (en primavera, por ejemplo, se incrementan las poblaciones debido a los nacimientos).

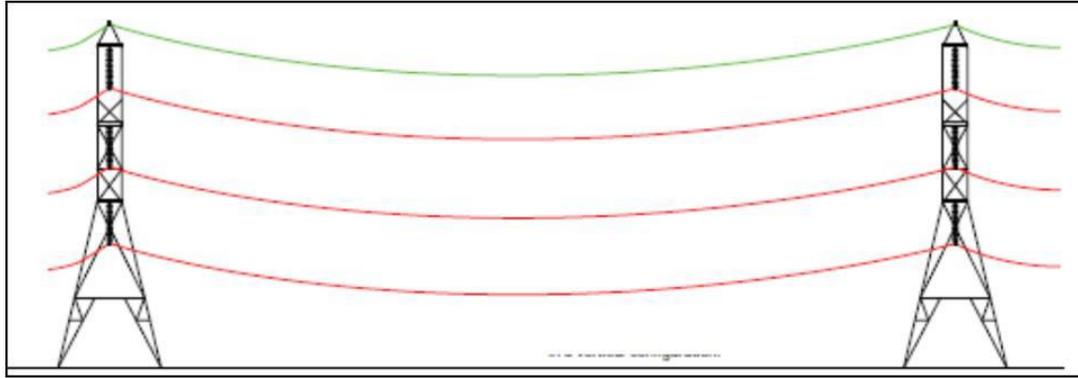
Los conductores, equipo y separación del equipo

El tamaño de las aves es importante al considerar su protección. El águila real hembra puede tener una envergadura (lo que mide de la punta de un ala a la punta de la otra ala) de 2.20 metros y el macho de 1.82 metros. La distancia entre las muñecas en una hembra grande es de 1,37 metros. La cola de las águilas reales mide hasta 33 centímetros de largo y llega a sobresalir 25 centímetros por debajo de la percha (p.16-18).

De igual forma, desde el punto de vista técnico, existen factores que ponen en riesgo las aves, los cuales según González Rivera (2014), estos pueden ser:

- Cable de guardia: La mayoría de las colisiones ocurren el cable de guardia, siendo el riesgo mayor en la medida que dicho cable está presente y es más delgado y, por ende, menos visible. Diámetros inferiores a 20mm serían particularmente riesgosos....

Figura 12. **Cableado común en estructuras de alta tensión**



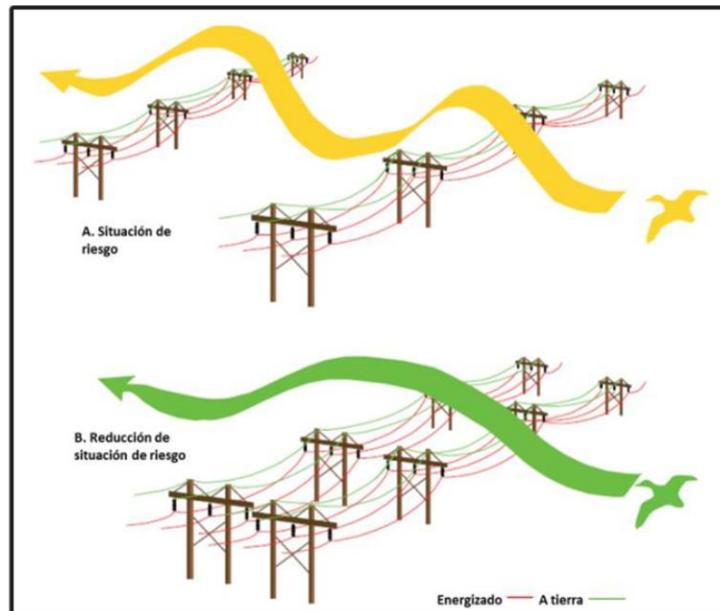
Fuente: González G. (2014). *Medidas de mitigación de impactos en aves silvestres y murciélagos. Propuesta técnica.*

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

- Altura del tendido: La probabilidad de colisión está relacionada con la altura promedio del tendido, siendo mayor cuanto mayor es la altura.
- Ubicación de la línea en relación al relieve del entorno: Aquellas líneas que se ubiquen paralelamente a barreras previamente existentes, tales como árboles o montañas, serán menos propensas a generar colisiones, debido a que estas incrementan la probabilidad de que el tendido sea visto y en consecuencia, evitado por las aves(...)

(...) Agrupación de líneas: Aquellas líneas que son dispuestas paralela y cercanamente a líneas pre-existentes, son consideradas como menos peligrosas, ya que esta disposición aumenta la probabilidad de que el conjunto de estructuras sea esquivado por las aves en vuelo (p.8-11).

Figura 13. **Situaciones de riesgo de colisión**



Fuente: González G. (2014). *Medidas de mitigación de impactos en aves silvestres y murciélagos. Propuesta técnica.*

2.3.1. **Áreas críticas**

Algunas áreas presentan un mayor riesgo de electrocución de aves. Entre los sitios críticos podemos encontrar:

- Áreas que presentan una gran densidad de presas y, por lo tanto, donde se congregan aves rapaces.

- Áreas planas sin árboles u otras estructuras donde puedan perchar las aves, situación que se presenta en muchas zonas áridas de zonas desérticas.
- Áreas donde se concentran aves migratorias.
- Áreas agrícolas donde abundan los insectos y roedores.

2.4 Soluciones para reducir el conflicto entre aves y líneas de transmisión

De acuerdo con la Compañía Sevillana de Electricidad (1995):

Las aves establecen una estrecha relación con los tendidos eléctricos desde su aparición. Al convertirse en elementos presentes en todo tipo de paisajes, los tendidos y sus apoyos (postes o torres) son utilizados por numerosas especies como posaderos (puntos elevados desde los que se domina visualmente una amplia superficie de terreno), lugares de reposo e, incluso, como plataformas de nidificación. En algunos lugares, la progresiva transformación del medio natural ha supuesto la disminución en el número de soportes naturales en los que muchas aves desarrollan sus actividades: los árboles. Los apoyos de tendidos eléctricos se han convertido así en unos excelentes sustitutos. Esta presencia frecuente de aves en los tendidos, suele ocasionar problemas a las instalaciones eléctricas, que no siempre son tenidos en consideración (p.11).

Manzano Fischer (2007) menciona que:

Afortunadamente este es un problema con una clara solución; se cuenta con una serie de medidas para modificar las estructuras causantes de electrocuciones y así mitigar el problema. Sin embargo, la modificación

de estructuras problema en líneas existentes puede resultar costosa y debe acompañarse de estudios de campo que identifiquen las estructuras causantes de electrocuciones y que sufren continuos cortes del suministro, para maximizar el costo-beneficio de estas operaciones.

La construcción de nuevas líneas de transmisión con lineamientos de construcciones amigables para las aves, puede resultar inclusive económicamente viable(...) (pp. 10-11).

... Alemania fue uno de los primeros países en tomar medidas para evitar la electrocución de aves, se determinaron lineamientos para la construcción y diseño de las líneas, e incluso otros países europeos (Suiza) han adoptado dichas medidas (p.13).

Las líneas de transmisión que transportan 34.5 kV o más, poseen en la parte más alta de su estructura un cable de guarda, este es el cable más delgado que se observa. En la actualidad se está cambiando el cable de guarda por un cable de fibra óptica que permite la transmisión de información. Generalmente, este es el cable que usualmente es dañado por las aves.

Figura 14. Tendido eléctrico de 230 kV (entrada de líneas de transmisión a la Subestación Pacífico 230 kV)



Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, una de las soluciones más prácticas y por la que se ha optado en los últimos años, es la de colocar dispositivos desviadores de vuelo de aves en el cable de guarda. Estos dispositivos se explicarán y detallarán en el siguiente capítulo.

3. DISPOSITIVOS DESVIADORES DE VUELO DE AVES

Los desviadores de vuelo de aves, son dispositivos que se colocan generalmente en el hilo de guarda de las líneas de transmisión y permite que se aumente la visibilidad del tendido y así se evite la colisión de la avifauna. Su utilización en el extranjero ha sido amplia y los resultados de su instalación han sido satisfactorios, con reducciones en el número de colisiones de aves entre el 55 y 94 % (Manzano Fischer, 2007, p.80).

Cesel Ingenieros (2010) indica que los Dispositivos desviadores de vuelo:

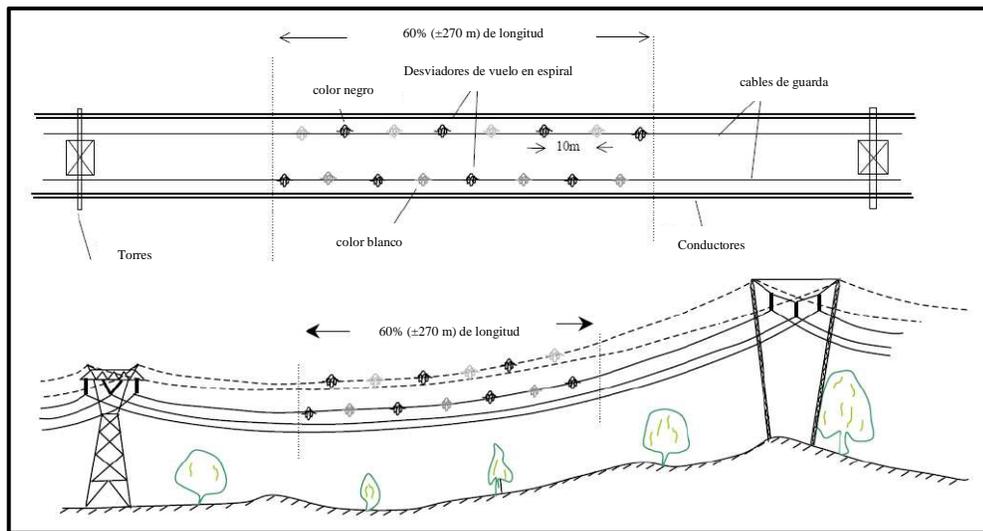
Han sido diseñados de modo que un extremo quede firmemente sujeto al conductor y el otro se fija más laxamente amortiguando así la vibración producida por los vientos de baja intensidad (4.8-12.9 km/h). El largo del BFD dependerá del grosor del cable de guarda (p. 12).

A diferencia de las balizas o boyas aeronáuticas, las cuales se colocan mayormente por normativas emitidas por las Autoridades de Aeronáutica Civil, los dispositivos desviadores de vuelo de aves cumplen un papel diferente a las anteriores. Las balizas sirven como medida de prevención para aeronaves que vuelan a escalas relativamente bajas y son muy poco efectivas si lo que se busca es disminuir el paso de aves o bien evitar su colisión.

Según las características de la mayoría de desviadores, se recomienda colocar los dispositivos dejando 5 metros entre cada uno. En caso de colocarse en cables paralelos, se pueden colocar cada 10 metros a

intervalos, con lo que se logra una vista como si estuvieran separados cada 5 metros (Manzano Fischer, 2007, p.41).

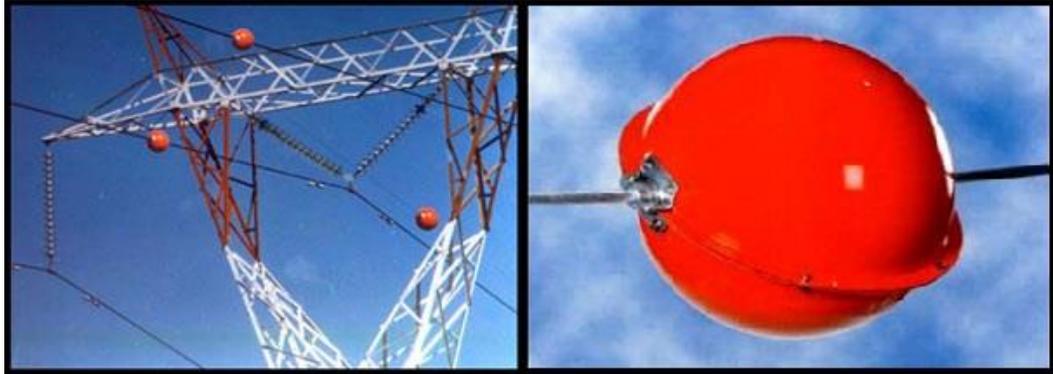
Figura 15. **Ejemplo de distribución de dispositivos desviadores de vuelo de aves**



Fuente: CESEL Ingenieros. (2010). *Plan de manejo ambiental*.

En el caso de las balizas, la mayoría de las ocasiones se encontrarán las de tipo esfera y estas son de un solo color. Cuando se instalan esferas de color blanco y rojo o blanco y anaranjado, se recomienda alternarlas.

Figura 16. **Balizas instaladas en líneas de transmisión**



Fuente: Sector Electricidad. *¿Para qué sirven las esferas de los cables de alta tensión? (balizas)*. Consultado el 05 de junio de 2020. Recuperado de <http://www.sectorelectricidad.com/>

González Rivera (2014) indica:

Existen variados tipos de disuasores en el mercado. La elección del dispositivo a utilizar debería estar dada por las características técnicas del mismo, siendo aconsejable la consideración de los siguientes aspectos:

- *Colores*: Se sugiere el uso de colores altamente contrastantes (rojo, amarillo, blanco) o el uso de dispositivos de dos colores (ej. blanco y negro). El amarillo es considerado el color más contrastante, en tanto que el naranja sería el menos efectivo...

(...) Cuando se baraje la posibilidad de ocurrencia de colisiones nocturnas, se sugiere la implementación de dispositivos que sean visibles durante la noche, ya sea por iluminación, fosforescencia, radiación ultravioleta u otros medios (...)

- *Tamaño*: Se aconseja que el tamaño del dispositivo sea de, al menos, 10-20cm de largo y que sea lo suficientemente grande como para aumentar el grosor de la línea en al menos 20cm, recomendándose que sobresalga por sobre y bajo el cable (...)

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

- *Movimiento*: Se recomienda que los dispositivos tengan movimiento, no obstante, se debe tener presente que el mecanismo de sujeción no debe moverse más de lo necesario (pp. 30-33).

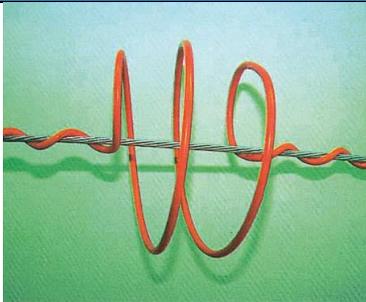
3.1 Tipos de dispositivo y características principales

Como se mencionó anteriormente, los desviadores de vuelo de aves han demostrado ser una solución efectiva y útil para corregir la problemática surgida por la colisión de las aves con las líneas de transmisión de alta tensión.

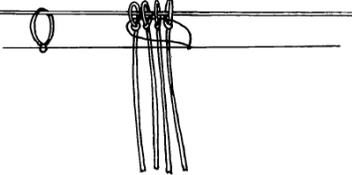
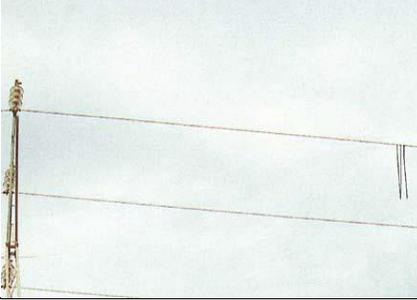
Cabe mencionar, que el marcaje del cable de guarda con dispositivos para el desvío de vuelos de aves es un sistema bastante estudiado y que se ha reportado bastante en la literatura actual.

Entre los principales dispositivos disponibles en el mercado se encuentran varios tipos, los cuales varían en diseño y tamaño, siendo los más conocidos los que se muestran a continuación en la siguiente tabla.

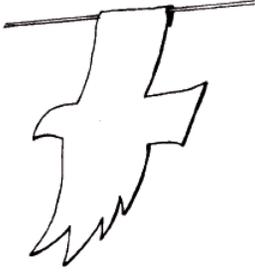
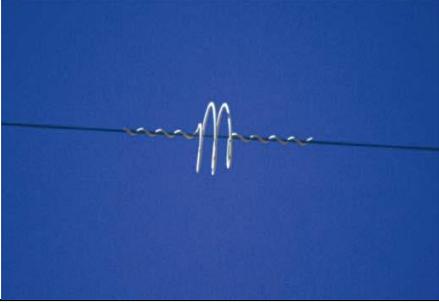
Tabla II. **Tipos y características de los dispositivos desviadores de vuelo de aves**

Característica	Tipo de dispositivo	
	espiral de polipropileno	tiras en “x” de neopreno sujetas por mordaza de elastómero con cinta luminiscente
imagen		
soporte	en el cable de guarda o conductor.	en el cable de guarda o conductor.
colocación	manual.	robot o manualmente
cadencia	cada 5 metros (un sólo cable), cada 10 metros al tresbolillo.	cada 10 metros
coste	alto.	alto.
eficacia	buena en colores blanco y naranja, muy buena en colores rojo y amarillo.	buena.
durabilidad	mayor de tres años. superado ensayo de 6 semanas en cámara climática.	mayor de tres años. superado ensayo de 6 semanas en cámara climática.

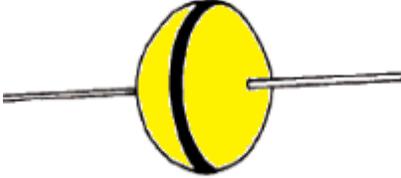
Continuación de la tabla II.

Característica	Tipo de dispositivo	
	Abrazaderas negras de plástico colgantes I	Abrazaderas negras de plástico colgantes II
Imagen		
Soporte	Cable de guarda o conductor.	En el conductor
Colocación	Manual.	Manual (grúa)
Cadencia	Cada 8 metros.	Cada 15 metros, tres abrazaderas.
Coste	Bajo.	Alto.
Eficacia	No suficientemente contrastada.	Mala.
Durabilidad	Mayor de tres años. Superado ensayo de 6 semanas en cámara climática.	Abrazaderas negras de plástico colgantes II

Continuación de la tabla II.

Característica	Tipo de dispositivo	
	Silueta de aves fluorescentes de plástico	Espira blancal de polipropileno
Imagen		
Soporte	cable de guarda	En el cable de guarda o conductor.
Colocación	Manual (helicóptero)	Manual (carriculin)
Cadencia	De 5 a 10 metros.	Cada 5 metros (un sólo cable), cada 10 metros al tresbolillo.
Coste	Muy alto.	Alto.
Eficacia	Desconocida.	Buena.
Durabilidad		Mayor de tres años. Superado ensayo de 6 semanas en cámara climática.

Continuación de la tabla II.

Característica	Tipo de dispositivo	
	Espira amarilla de polipropileno	Bolas amarillas con banda negra vertical
Imagen		
Soporte	En el cable de guarda o conductor.	Cable de guarda
Colocación	Manual (carriculín)	Manual
Cadencia	Cada 5 metros (un sólo cable), cada 10 metros al tresbolillo.	Cada 75-100 metros
Coste	Alto	Alto
Eficacia	Muy Buena	Buena
Durabilidad	Mayor de tres años. Superado ensayo de 6 semanas en cámara climática.	Desconocida

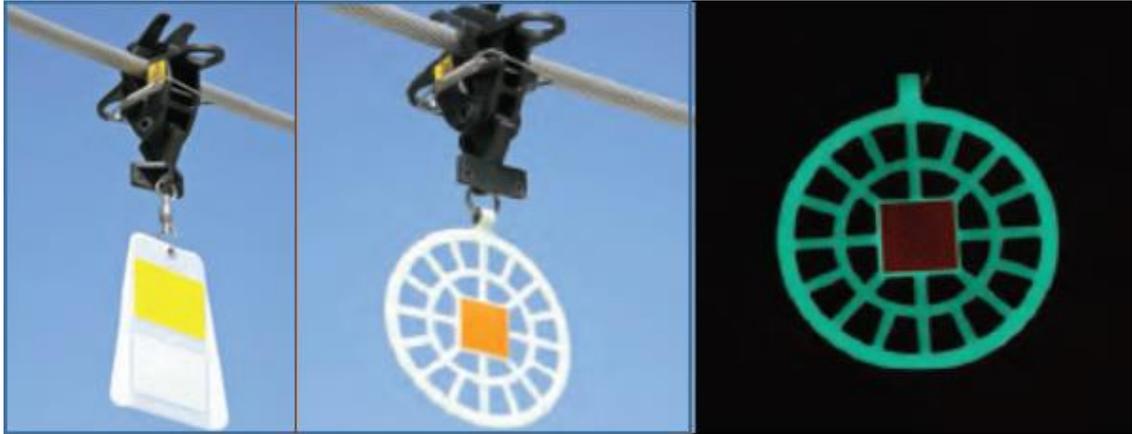
Continuación de la tabla II.

Característica	Tipo de dispositivo Aspa de tres lados con pegatinas reflectantes
Imagen	
Soporte	En el cable de guarda o conductor
Colocación	Manual
Cadencia	Cada 5 metros (un sólo cable), cada 10 metros al tresbolillo
Coste	Bajo
Eficacia	Muy buena
Durabilidad	Mayor de tres años

Fuente: Ferrer M. (2012). *Aves y tendidos eléctricos – del conflicto a la solución*.

En experiencias que han sido reportadas, se ha logrado determinar que los mejores colores a utilizar en los dispositivos son el gris y amarillo por las características que presentan. Al usarse dos colores se asegura la visibilidad de los dispositivos en diferentes condiciones de luz. Estudios sugieren que los dispositivos amarillos o blancos son más visibles en condiciones de luz pobres, ya que el rojo es más visible durante el día. No se recomienda usar otros colores, ya que con el paso del tiempo tienden a decolorarse.

Figura 17. **Dispositivos instalados (izquierda) y su visión en horario nocturno (derecha)**



Fuente: González G. (2014). *Medidas de mitigación de impactos en aves silvestres y murciélagos.*

Respecto a las experiencias en otros países, Manzano Fischer (2007) menciona:

En Sudáfrica se realizaron estudios que compararon la efectividad de los espirales y de las aletas. El resultado mostró una mayor efectividad de las aletas, por lo que se ha incrementado su uso a partir del 2001.

Un estudio en el Parque Nacional Doñana en España determinó que el mejor tipo de dispositivo para evitar la colisión de aves es el de aspa vertical, fabricado en PVC y dotado de tiras catadióptricas que refractan la luz. Resultó ser el más eficaz para evitar colisiones de aves pues al refractar la luz alerta mejor de la presencia de los cables.

El aspa vertical es más fácil de instalar que el espiral, ya que no requiere interrumpir el suministro eléctrico para su instalación o reposición (pp. 40-41)

Figura 18. **Líneas de media tensión de 13.2 kV con desviadores de vuelo instalados**



Fuente: Kent News. (2012). *Diverting bid to stop swans hitting cables*. Recuperado de <http://www.kentonline.co.uk/sheerness/news/diverting-bid-to-stop-swans-hitt-a65824/>

3.2 Análisis de la implementación del equipo

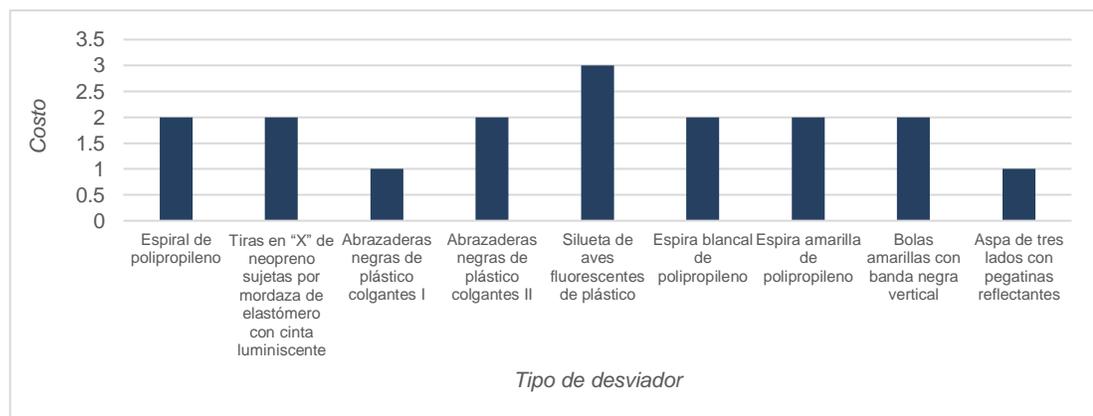
En el apartado anterior se pudieron observar algunas de las clases de dispositivos desviadores de vuelos de aves que existen a la fecha. Escoger uno de estos dispositivos quedará a criterio del interesado, aunque lo ideal sería escoger el modelo más efectivo, aunque su costo sea mayor. El Análisis para un sector como el Anillo Pacífico Sur se tendrá que determinar luego de los resultados que se obtengan en los monitoreos, lo cual indicará la decisión a tomar.

Generalmente para este tipo de proyectos, el presente análisis puede tener un papel secundario, debido a que, aunque sea mayor el costo de la instalación, se debe cumplir lo establecido en la Normativa vigente, principalmente lo establecido por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales en cuanto a la preservación de la flora y fauna. Por lo tanto, si fuera un número considerable de muertes por colisiones al año, será necesario contar con los dispositivos en los tramos que se considere son más recurrentes para las colisiones de aves.

Con base en los dispositivos más comunes presentados anteriormente, será necesario hacer la comparación de los dispositivos para escoger un modelo. Las principales características para comparar son: el costo, la durabilidad y la cadencia. Esta última será importante porque determinará la cantidad de dispositivos a emplear.

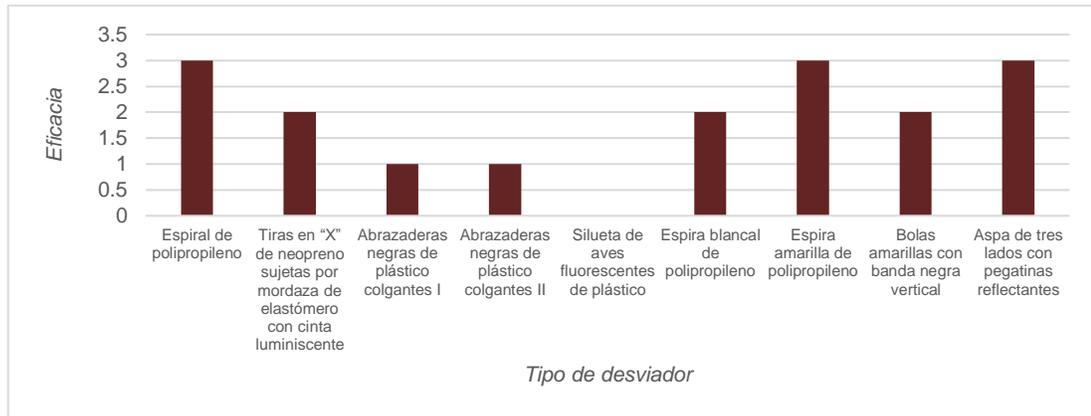
Para el costo y para la eficacia, definiendo valores: 1 como 'bajo', 2 como 'alto' y 3 como 'muy alto'; las gráficas resultantes serán las siguientes:

Figura 19. **Comparación de costo de desviadores**



Fuente: elaboración propia.

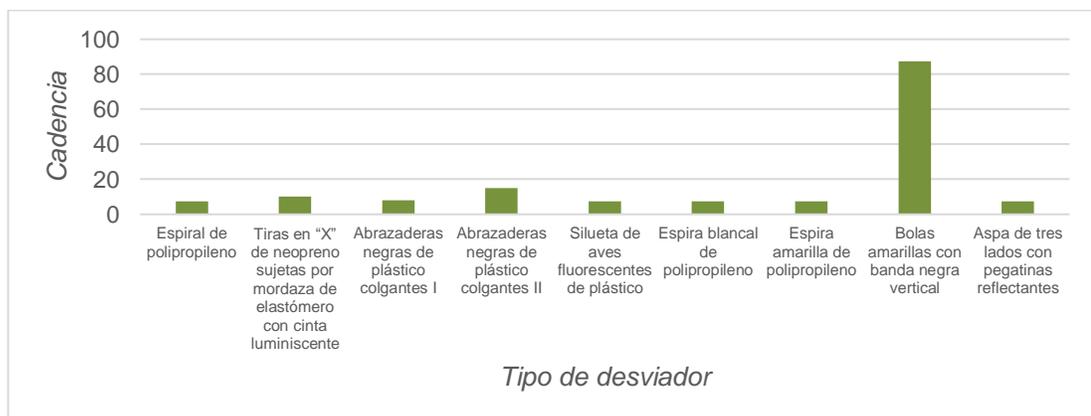
Figura 20. **Comparación de eficacia de desviadores**



Fuente: elaboración propia.

Para la cadencia, lo cual es la cantidad de metros que habrá entre dispositivos, la gráfica comparativa será la siguiente:

Figura 21. **Comparación de la cadencia de desviadores**

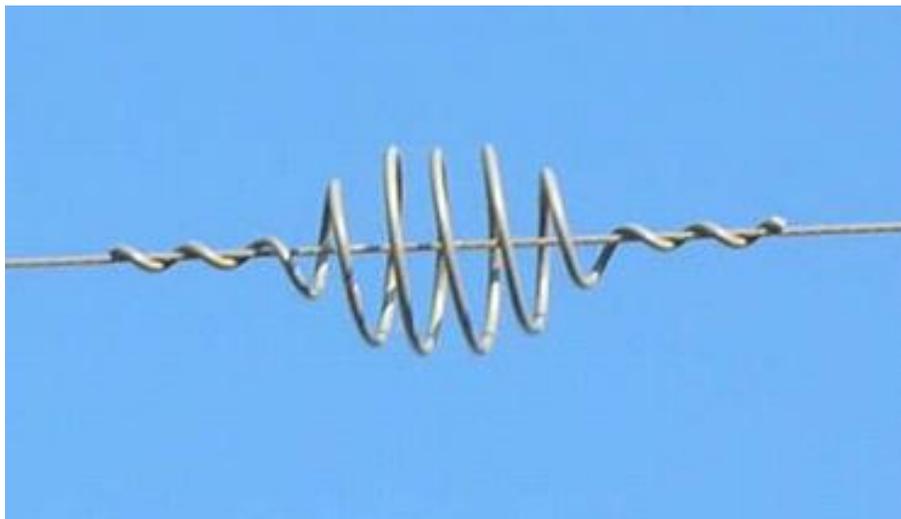


Fuente: elaboración propia.

Con el objetivo de reducir costos, obtener la mayor eficacia y contar con la mayor durabilidad del equipo, los dispositivos espirales toman una ventaja sobre

los demás, por ende, en la mayoría de los casos en los cuales se requiere la instalación de dispositivos desviadores de vuelos de aves, se han utilizado por su costo y por su efectividad los dispositivos previamente referidos. Aunque es necesario mencionar que generalmente los dispositivos de 'aletas' se han utilizado más para líneas de distribución y los 'espirales' para líneas de transmisión.

Figura 22. **Dispositivo desviador de vuelo en espiral**



Fuente: TRECSA. (2012). *Informe de selección de tramos para colocación de dispositivos desviadores de vuelo de aves.*

Debido a que las líneas del proyecto son de transmisión, el dispositivo a escoger básicamente será determinado por el precio de este, aunque primero se debe determinar que sea necesaria su instalación. Según las fuentes bibliográficas analizadas previamente y lo determinado en este apartado, el dispositivo utilizado con mayor frecuencia es el espiral amarillo por sus características ya descritas, con la salvedad que el material más utilizado en los últimos años ha sido el policloruro de vinilo (PVC) y no el polipropileno.

4. NORMATIVAS AMBIENTALES Y ASPECTOS REGULATORIOS

4.1 Leyes aplicables a proyectos eléctricos

En la actualidad hay varias leyes que se aplican a los proyectos de infraestructura eléctrica, tanto en el ámbito eléctrico como en el ámbito ambiental.

4.1.1. Legislación y normativa eléctrica

El modelo del sector eléctrico en Guatemala ha logrado un crecimiento bastante importante desde la desmonopolización del mismo en el año 1996, a raíz de la creación de la Ley General de Electricidad y su Reglamento. Esta ley, uno de los pilares para darle vida a este proyecto, tiene como finalidad normar el desarrollo del conjunto de las actividades tanto de generación, comercialización, distribución y transmisión de la electricidad. De igual manera, El Reglamento de la Ley General de Electricidad, el cual se emite a raíz de la creación de la Ley, cita en su Artículo 50 que las obras de infraestructura eléctrica se pueden realizar por 3 modalidades, siendo estas: a) Por Acuerdo entre partes; b) por iniciativa propia; y c) Por Licitación Pública.

El Anillo Pacífico Sur, tal como se mencionó anteriormente, había sido incluido en el Plan de Expansión de Transporte 2012-2021 como 'Área Sur', sin embargo, al no haberse lanzado el proyecto en la modalidad de Licitación Pública, el mismo fue solicitado por la modalidad de iniciativa propia. Para darle cumplimiento a lo anterior, la entidad EEB Ingeniería y Servicios, S.A., solicitó ante la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE) la Autorización para la

ejecución de este proyecto, con base en lo estipulado en el artículo 53 del Reglamento de la Ley y, por tanto, obtuvo la aprobación mediante la Resolución CNEE-265-2012, emitida el 19 de noviembre de 2012.

De igual manera, la referida entidad previendo que debía utilizar bienes de dominio público, dio cumplimiento a lo establecido en el artículo 4 del Reglamento de la Ley y presentó al Ministerio de Energía y Minas la respectiva solicitud, obteniendo la referida Autorización por el plazo de 50 años para la Prestación del Servicio de Transporte de Electricidad. Lo anterior quedó establecido en la Escritura Pública número 39, autorizada en la ciudad de Guatemala el día 20 de marzo de 2012 por el notario Alfonso Novales Aguirre.

Al estar ya en operación comercial el proyecto, hay una serie de Normativas que la entidad debe cumplir y a las cuales debe regirse, siendo estas las Normas Técnicas emitidas por la CNEE y que sean aplicables a proyectos de Transmisión, como lo son las NTAUCT y NEAST, así como las Normas de Coordinación Comercial y Coordinación Operativa emitidas por el AMM. En las Normas de Coordinación Operativa, cabe hacer énfasis en la Norma Operativa no. 4, la cual establece en su inciso A.4.1.10, que la entidad que opere las obras deberá implementar esquemas de protección que garanticen la continuidad del servicio, por lo que de determinarse que no es necesaria la instalación de dispositivos desviadores de vuelo de aves, la entidad debe asegurar la continuidad del suministro eléctrico, apegándose a lo indicado en la Norma referida.

Así mismo, cabe mencionar que debido a que se aprobó la solicitud de la entidad EEB Ingeniería y Servicios, S.A. para la conexión a la Red de Transmisión Regional (RTR) del proyecto Plan de Expansión del Sistema de Transporte 2012-2021 Área Sur, De acuerdo con lo que manifiesta la Resolución

CRIE-37-2016 de fecha 30 de junio de 2016, la referida entidad debe cumplir con todas aquellas leyes y normas establecidas para operar en el Mercado Eléctrico Regional (MER), las cuales son fijadas tanto por el Regulador Regional, el cual es la CRIE, como por el Operador Regional, el EOR.

Cabe recalcar que la Constitución de la República de Guatemala, en su artículo 129, establece como urgencia nacional la electrificación del país y el proyecto Anillo Pacífico Sur será uno de los pilares para fortalecer el Sistema de Transmisión a corto plazo, el cual a su vez permitirá que se continúe con la electrificación del País y se mejore la calidad en el suministro.

4.1.2. Legislación y normativa ambiental

La ley marco en el ámbito ambiental de Guatemala, es la Ley de Protección y Mejoramiento del Ambiente, emitida en el año 1(,986). La misma, en su Artículo 11 cita lo siguiente: “La presente ley tiene por objeto velar por el mantenimiento del equilibrio ecológico y la calidad del medio ambiente para mejorar la calidad de vida de los habitantes del país” (p.4). De acuerdo con lo estipulado en el Artículo 10 de esta ley, se crea la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), la cual es referida en el Artículo 4 del Reglamento de la Ley General de Electricidad para aprobar los estudios ambientales que correspondan.

Sin embargo, de acuerdo con la emisión del Decreto 90-2000 del Congreso de la República de Guatemala, se liquida dicha Comisión y la Secretaría de Ambiente que había sido formada y se ordena que deberán integrarse al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), el cual se crea mediante el referido Decreto.

Adicional a lo referido anteriormente, es necesario recordar que la Constitución Política de la República de Guatemala contiene 16 artículos relacionados con los recursos naturales y ambientales. Se han promulgado también leyes para la protección de los recursos hídricos, tierras y bosques del país.

Si bien la investigación está enfocada sobre el impacto que genera el tendido eléctrico para las aves, el proyecto y su desarrollo también abarcaron temas relacionados con el medio físico, biótico, cultural y socioeconómico, por lo que la entidad ejecutora del proyecto debía considerar el Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental (Acuerdo Gubernativo 431-2007) y la Ley Forestal (Decreto Número 101-96 emitido por el Congreso de la República). Cabe señalar que una Ley como la de Áreas Protegidas (Decreto Número 4-89) no se consideró, ya que ninguna parte del proyecto se encontraba en Área Protegida.

4.1.3. Compromisos ambientales del país y políticas públicas

Se considera preciso mencionar que la Legislación y Normativa referida anteriormente, debe estar apegada con los acuerdos que Guatemala tiene como país y con la comunidad internacional, ya que se han suscrito y ratificado diversos instrumentos en materia de ambiente y cambio climático, tales como la convención marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el Protocolo de Kyoto, el convenio centroamericano sobre Cambios Climáticos, la convención de Viena para la protección de la capa de ozono, el Convenio sobre la desertificación en países con sequias severas, entre otros.

En cuanto a la Convención Marco de la Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC), Guatemala forma parte de dicha Convención, desde que

se emitió el Decreto 15-95 del Congreso de la República. El objetivo principal de la convención es estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) a niveles donde las acciones realizadas por el ser humano no interfieran con el clima, logrando un desarrollo económico sostenible para todas las naciones.

En el inciso 3.1.2., el Plan Nacional de Energía (2017), indica lo siguiente:

Mediante el Decreto Número 48-2016 del Congreso de la República, el 27 de octubre del año 2016 Guatemala se unió a la lista de países que ya ratificó el Acuerdo de París establecido dentro de la CMNUCC. Este acuerdo consiste en un conjunto de medidas para la reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por medio de la mitigación y adaptación a los efectos del Cambio Climático. Su aplicación está establecida para dar inicio en el año 2020, año en que finaliza la vigencia del protocolo de Kyoto.

El acuerdo fue negociado durante la conferencia sobre cambio climático (COP21) en diciembre de 2015 por los 195 países miembros de la CMNUCC, de la cual Guatemala también formó parte. (p.19-20).

De igual manera, en su inciso 3.1.3 indica:

Guatemala también ha ratificado su contribución a la mitigación de los efectos del cambio climático frente a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, respondiendo al llamado mundial de las naciones. Estas contribuciones (Contribución Nacional Determinada – NDC–) también incorporan al Plan Nacional de Desarrollo –KATUN 2032– del país en un esfuerzo articulado, coherente y sistemático de los Objetivos

de Desarrollo Sostenible (ODS) al 2030, con un enfoque bajo en emisiones (...) (p.20).

Así mismo, cabe mencionar la Ley Marco de Cambio Climático y la Política Nacional de Cambio Climático. La Ley Marco de Cambio Climático es de observancia general en todo el territorio de la República de Guatemala, de cumplimiento obligatorio para todos sus habitantes, entidades públicas, autónomas y descentralizadas.

En ese sentido, el Plan Nacional de Energía en su inciso 3.2.3 indica:

La Política Nacional de Cambio Climático hace mención a que Guatemala es uno de los países que aporta de manera poco significativa a la emisión global de gases de efecto invernadero, recibimos impactos negativos con mayor intensidad y frecuencia. Debido a ello, la Política Nacional de Cambio Climático fue aprobada en el consejo de ministros por medio del Acuerdo Gubernativo 329-2009.

Los alcances de la Política Nacional de Cambio Climático incluyen la reducción de la vulnerabilidad del país a los eventos extremos, el reforzamiento de la capacidad de adaptación y la contribución a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. (p.21).

Por último, cabe mencionar las Políticas Energéticas 2013-2027 y 2019-2050, los cuales son instrumentos de carácter público, elaborados por el Ministerio de Energía y Minas, tienen el objetivo de contribuir al desarrollo energético sostenible del país con equidad social y respeto al medio ambiente. La primera de ellas prioriza en su eje número 1, la inversión en fuentes de generación de energía renovable en 500 MW, así como el incremento de la red

de transmisión en más de 1,500 km de línea, para lograr con ello el 95 % de la cobertura eléctrica. En la actualización a dicha Política, es decir en la Política Energética 2019-2050, se estableció siempre en el eje 1, el abastecimiento y uso final de la electricidad. En esta ocasión, uno de los objetivos es la Seguridad Energética, lo cual se logra con redes confiables, seguras y que permitan confiabilidad.

4.2 Estudio de impacto ambiental

Se llama evaluación de impacto ambiental (EIA) al procedimiento técnico-administrativo que sirve para identificar, evaluar y describir los impactos ambientales que producirá un proyecto en el entorno en el que va a ser ejecutado.

En Guatemala, los Estudios de Impacto Ambiental deben realizarse para cualquier proyecto que se encuentre en el listado taxativo que emite el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN–. Los proyectos de infraestructura eléctrica, tales como el tendido eléctrico de líneas de transmisión, se encuentran en la categoría “A”, categoría que lo denomina un proyecto que puede representar un alto impacto ambiental.

El artículo 4 del Reglamento de la Ley General de Electricidad (Solicitud de Autorizaciones) indica en su inciso i), que es necesario presentar al Ministerio de Energía y Minas el estudio de impacto ambiental aprobado por la entidad ambiental correspondiente, para la obtención de Autorización Definitiva para los Proyectos de Generación, Transmisión y Distribución. De igual manera, la entidad solicitante debe presentar a la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, lo indicado en el Artículo 48, inciso e), del Reglamento de la Ley General de Electricidad (1996), el cual indica: “Constancia de la presentación a la entidad ambiental correspondiente de los estudios ambientales requeridos, de acuerdo

con los requisitos para cada tipo de instalación” (p.33). Por lo que, la entidad ejecutora del proyecto se apegó a lo referido anteriormente y obtuvo las autorizaciones correspondientes que ya fueron citadas en su oportunidad.

Para este proyecto, la entidad Everlife, S.A., contratada por EEB Ingeniería y Servicios, S.A., fue la encargada de realizar el estudio de impacto ambiental. Dicho estudio, tal como fue indicado en el capítulo 1, fue dividido en dos trazos, los cuales eran: Trazo 1 (Pacífico – Santa Ana – Magdalena) y Trazo 2 (Magdalena – La Unión – Madre Tierra – Pantaleón – Siquinalá). Para la aprobación de dichos estudios, El MARN emitió las resoluciones: a) 03149-2014-DIGARN-FACB-cfo-ohmc, Expediente No. EIA-0032-14, de fecha 27 de agosto de 2014 y b) 02588-2014/DIGARN/EPISA/ohmc/cfo, Expediente No. EIA-0061-14, de fecha 15 de julio de 2014. En ambas Resoluciones se indica en el punto XXVI de los COMPROMISOS, lo siguiente:

Establecer acciones de control, seguimiento y vigilancia ambiental (monitoreo) para identificar accidentes, colisiones y/o muerte de especies de aves y murciélagos, ocasionados por las líneas de transmisión y las subestaciones eléctricas...

(...) En dado caso la entidad proponente decida colocar desviadores de vuelo sobre los cables de guarda como medida de control ambiental, se debe especificar lo siguiente: tipo de desviadores que se utilizarán, ubicación exacta donde será instalado el equipo y procedimiento que se establecerá para verificar la funcionalidad del proceso (MARN, 2014, p.6).

Por lo tanto, uno de los fundamentos para la realización de este trabajo, proviene de la ordenanza realizada por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, indicando que se deben realizar acciones de vigilancia, seguimiento y

control para que se identifiquen colisiones de aves en este proyecto y determinar con ello, la necesidad de instalar dispositivos desviadores de vuelo de aves.

5. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Previo a hacer mención de los resultados obtenidos en este trabajo, cabe mencionar que para el proyecto PET-01-2009, tal como se mencionó en el Resumen, se contempló la instalación de más de 6,700 dispositivos desviadores de vuelo de aves para los Lotes D y E, específicamente en las líneas de Transmisión Tactic – Izabal a 230 kV, Izabal – Morales a 230 kV y Chixoy II – San Agustín a 230 kV. La cantidad y selección de los tramos, se realizó en lugares cercanos a grandes cuerpos de agua, como lo son el lago de Izabal, Río Polochic, cercanías a Río Dulce y parte del Río Motagua en el departamento de El Progreso.

Así mismo, se tiene contemplada la instalación de 273 desviadores para el Lote A, 1,729 para el Lote B y 1,288 para el Lote F. Esto aún está sujeto a que se determinen los tramos finales, ya que ha habido variantes en los trazos originales y la mayoría de las líneas de transmisión de dichos lotes, aún no se encuentran finalizadas. Por lo que se puede considerar que la instalación de estos dispositivos en las líneas de transmisión del sistema será significativa y un hito importante en esta clase de Proyectos.

5.1 Monitoreos realizados previo a la ejecución del APS

Previo a la ejecución de las obras, tal como se mencionó en el Resumen, se escogieron dos sitios que presentaran características similares a los terrenos donde se encontraría el proyecto. Estos sitios contaban con líneas de transmisión de 230 kV y eran terrenos dedicados en su mayor parte al cultivo de caña de azúcar, incluso uno de ellos contaba con un afluente de agua de

aproximadamente 3 a 5 metros de ancho, se encontraban cerros de pequeño tamaño a inmediaciones de los mismos y se visualizaba el recorrido de algunas aves tanto en los terrenos como en áreas aledañas. El objetivo era determinar si se presentaban colisiones de aves y si sucedían, con qué frecuencia era.

Por lo tanto, se realizaron monitoreos y recorridos, donde se buscó recopilar toda la información relevante que se encontrara. Lo ideal era encontrar aves lastimadas o electrocutadas, o bien cadáveres o restos de aves que quedan después del ataque de un depredador, posterior a haber tenido una muerte debido a una colisión o electrocución.

Los sitios mencionados anteriormente, fueron las Fincas Sagitario y El Esfuerzo, ambas ubicadas en el municipio de Escuintla, departamento de Escuintla. Durante 10 semanas, a partir de la segunda semana de enero hasta la última semana de marzo del año 2015, los lunes y martes se realizaron monitoreos en las fincas previamente referidas. Estos recorridos se realizaron previo a que el proyecto iniciara su construcción.

Figura 23. **Ubicación fincas Sagitario (puntos a la derecha) y El Esfuerzo (puntos de la izquierda), municipio de Escuintla, Escuintla**



Fuente: elaboración propia.

El primer lugar que se recorrió fue un tramo de la Finca Sagitario. En esta finca dedicada al cultivo de la caña de azúcar principalmente, se sitúan las torres 10 y 11 y parte del vano entre torres 11 y 12 de la línea de transmisión Escuintla I – Siquinalá. Los recorridos realizados iniciaban aproximadamente en la coordenada $14^{\circ}16'34''$ N $90^{\circ}50'31''$ O hacia la coordenada $14^{\circ}16'31''$ N $90^{\circ}49'56''$ O, lo cual equivalía a un área de 0.15 km^2 aproximadamente, ya que era el área que se podía explorar en ese sector.

Figura 24. **Línea de transmisión Escuintla I – Siquinalá 230 kV en finca Sagitario**



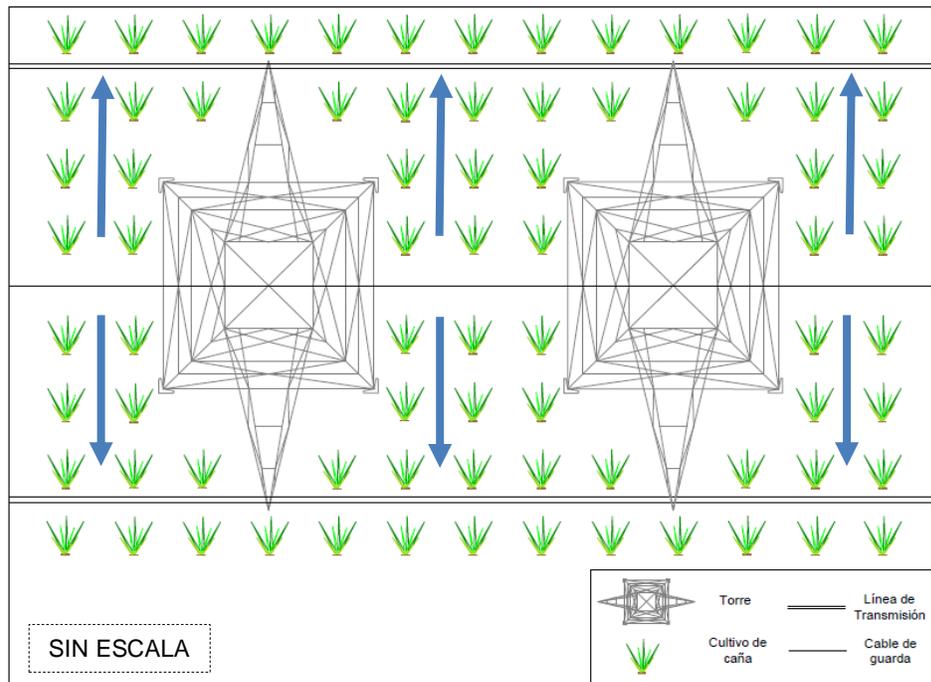
Fuente: elaboración propia.

El segundo lugar recorrido, fue la finca El Esfuerzo, finca también dedicada principalmente al cultivo de la caña de azúcar. En esta finca se sitúan las torres 13 y 14 y parte del vano entre torres 14 y 15 también de la línea de transmisión Escuintla I – Siquinalá 230 kV. Los recorridos en esta finca fueron de la coordenada $14^{\circ}16'29''$ N $90^{\circ}50'33''$ O a la $14^{\circ}16'30''$ N $90^{\circ}50'25''$ O, que equivale a un área de 0.16 km^2 .

Los recorridos constaban de una caminata de aproximadamente 100 metros hacia la izquierda y 100 metros a la derecha por debajo de la línea, tal como lo muestra la siguiente figura. Se buscaba con esto, recopilar información que fuera sustancial y que permitiera formar desde ese momento un criterio previo de la decisión a tomar. El tipo de cultivo en ambas fincas y en la mayoría de las zonas donde el proyecto se encuentra, pertenecen al cultivo de caña de azúcar. La

aplicación de fertilizantes y pesticidas toma un papel importante en el terreno y en la flora y fauna del lugar.

Figura 25. **Vista desde perfil de las torres y orientación de los recorridos para monitoreo**



Fuente: elaboración propia.

Durante estos recorridos, las únicas especies que se encontraron fueron cotuzas (*Dasyprocta punctata*) y lagartijas (*Sceloporus squamosus*). En cuanto a cuerpos de agua, el único que se encontró cercano a la zona, específicamente dentro de la Finca Sagitario, es un pequeño riachuelo que tenía entre 3 a 5 metros de ancho y sobre el cual se pudo presenciar que solo algunas garzas (*Ardea alba*) se acercaban a él, así como ganado de la zona que ocasionalmente transitaba por dicha finca.

Los recorridos se realizaron mayormente los días lunes y ocasionalmente también los días martes, desde la segunda semana de enero hasta finales del mes de marzo 2,015. Los mismos se realizaban aproximadamente durante 3 horas, contando con 2 personas para realizarlos. Debido a la intensidad de los rayos ultravioleta del sol, el horario elegido era aproximadamente de 8 a 11 de la mañana. Cabe mencionar que en los meses siguientes no se pudo acceder, debido a trabajos que los ingenios de la zona realizaban en los terrenos de ambas fincas.

Figura 26. **Recorrido realizado en una de las fincas medido en una aplicación móvil**



Fuente: RUNTASTIC. Consultado el 10 de marzo de 2020. Recuperado de <http://www.runtastic.com/es>.

Durante las 10 semanas que se realizaron las inspecciones, se logró observar que el recorrido de las aves en ese sector no es muy frecuente. A

menudo se observan aves pequeñas y en muy escasas ocasiones se veía a alguna garza blanca (*Ardea alba*) de menor tamaño buscar acuíferos cercanos, por lo que esto indicaba que la zona no era muy transitada por aves migratorias, mucho menos por aves acuáticas de mediano y gran tamaño.

Durante las 10 semanas referidas, los resultados fueron los siguientes:

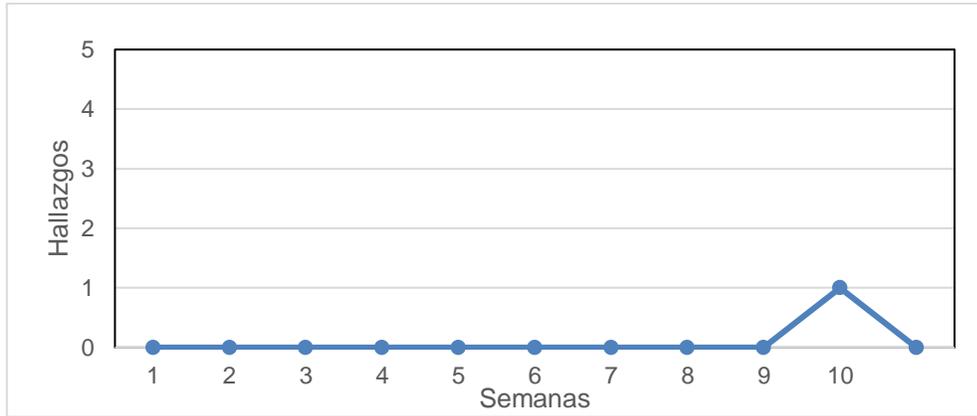
Tabla III. **Semanas versus hallazgos**

Semana	Fecha	Hallazgos
1	13/01/2015	0
2	19/01/2015	0
3	26/01/2015	0
4	02/02/2015	0
5	09/02/2015	0
6	17/02/2015	0
7	23/02/2015	0
8	02/03/2015	0
9	09/03/2015	1
10	16/03/2015	0

Fuente: elaboración propia.

Y la gráfica resultante que indicaría el comportamiento de los resultados, sería la siguiente:

Figura 27. **Relación semanas versus hallazgos**



Fuente: elaboración propia.

Lo único que se logró percatar en la novena semana, fue un ave pequeña que se identificó como Picogrueso azul (*Passerina caerulea*) y que se muestra a continuación, la cual parecía haber sido atacada por alguna otra ave o quizás había recibido algún impacto con una roca o algo similar. Sin embargo, se llegó a la conclusión que no era por colisión en la línea de transmisión.

Figura 28. **Picogrueso azul (*Passerina caerulea*) encontrado fallecido**



Fuente: elaboración propia.

5.2 Monitoreo realizado en el proyecto PET-01-2009

En el mes de marzo 2015, se decidió realizar una inspección en uno de los sitios del proyecto PET-1-2009 en el cual ya se encontraban instalados dispositivos desviadores de vuelo de aves instalados. Los sitios elegidos fueron los tramos entre las Torres 222 – 225 y 229 – 230 de la línea de transmisión Chixoy II – San Agustín 230 kV. Cabe mencionar que el primer tramo no contaba con dispositivos instalados y el segundo tramo, sí. Por lo tanto, la idea era recorrer ambos tramos y determinar así qué tanto influía la instalación de dichos dispositivos.

Figura 29. **Tramos recorridos de la línea de transmisión Chixoy II – San Agustín 230 kV**



Fuente: elaboración propia.

En el primer tramo no se encontró ningún indicio de colisiones ni tampoco se localizaron cadáveres de aves. Las únicas especies que se encontraron en la

zona eran zopilotes o buitres negros (*Coragyps atratus*) y conejos silvestres (*Oryctolagus cuniculus*). La mayoría de los zopilotes del área se presentan por los niveles altos de polución que se encuentran en las cercanías del río Motagua. Cabe resaltar, que la topografía de la zona y el tipo de vegetación difiere mucho del encontrado en la costa sur y en el cual se construyó el proyecto Anillo Pacífico Sur.

Figura 30. **Vano entre torres 222 y 223 de la línea de transmisión Chixoy II – San Agustín 230 kV**



Fuente: elaboración propia.

El tramo entre las torres 230 y 231, cruza el río Motagua. En este tramo se pudo observar que ya había dispositivos instalados. Según personeros de la entidad TRECSA, se habían instalado más de 190 dispositivos, los cuales se habían colocado cada 5 metros.

Figura 31. Dispositivos desviadores de vuelo de aves instalados en el vano entre las torres 230 y 231 de la línea de transmisión Chixoy II – San Agustín 230 kV



Fuente: elaboración propia.

En este tramo, se pudo percibir que ya se habían instalado balizas en una línea paralela a la línea de transmisión. Estas balizas, como se explicó previamente, se colocan por solicitud de la Dirección Aeronáutica Civil, con el objetivo de que los vuelos de baja altura puedan observar las líneas de transmisión.

Sin embargo, a pesar de los monitoreos realizados en este sector, no hubo ningún registro de colisiones. Incluso a uno de los vecinos del área le fue consultado si había presenciado colisiones de aves o bien si algún vecino le había realizado comentarios al respecto desde que está instalada la línea de transmisión, respondiendo que a la fecha no había tenido conocimiento de ello.

5.3 Monitoreo realizado en el año 2018

Tres años después, en el mes de junio 2018, cuando el proyecto Anillo Pacífico Sur se encontraba cercano a ser finalizado, se procedió a realizar una visita de campo a la Subestación Eléctrica La Unión 230 kV y al tramo de las estructuras 20 a 24 de la línea de transmisión Madre Tierra – La Unión 230 kV, para realizar un caminamiento y monitoreo de la zona. Debido a que a un costado de la subestación eléctrica La Unión 230 kV existen 2 piscícolas, se consideró que era un punto importante de análisis, ya que al ser cuerpos de agua que abarcaban un área de aproximadamente 60,000 m² y al estar a un costado de la línea, algunas aves podrían realizar interacción con la zona.

Figura 32. **Tramo recorrido de la línea de transmisión Madre Tierra – La Unión 230 kV.**



Fuente: elaboración propia, utilizando datos de EEB Ingeniería y Servicios, S.A.

Se procedió a iniciar en la primera torre después de salida de la subestación La Unión 230 kV, es decir en la Torre 24. Se hizo el caminamiento entre la primer piscícola y la línea de transmisión y luego, entre las piscícolas para determinar el tipo de fauna del lugar y observar el tipo de aves que se acercaban a la zona. Se pudo apreciar únicamente garzas (*Ardea alba*) de pequeño tamaño que se acercaban a ambas piscícolas, algunas buscando alimento y otras de paso únicamente en el lugar. Al recorrer todo el perímetro de la zona ya referida, no hubo indicios de algún hallazgo en la misma.

La persona encargada del cuidado de las piscícolas y que se encontraba el día del caminamiento, manifestó que a la fecha no había escuchado de alguna colisión de aves en la Línea y tampoco había presenciado algo parecido. Se aprovechó a realizar una encuesta a dos personas que se encontraban en el lugar, quienes manifestaron de igual manera, que no han observado aves que hayan colisionado con el nuevo tendido eléctrico.

Figura 33. **Garzas (*Ardea alba*) sobre una pequeña canoa en cercanías a la subestación eléctrica La Unión 230 kV**



Fuente: elaboración propia.

Como dato adicional y que se considera importante mencionar, se presenci6 que a dicha subestaci6n tambi6n est6 conectada una l6nea de transmisi6n de 69 kV, la cual es una l6nea que conecta la subestaci6n La Uni6n con una subestaci6n nombrada como "Miriam", la cual es una subestaci6n que se encuentra a dicha aldea y pertenece al municipio de Santa Luc6a Cotzumalguapa, en el departamento de Escuintla. Se pudo observar que es una l6nea que lleva ya varios a6os en operaci6n y la cual no cuenta con dispositivos desviadores de vuelo de aves. Incluso en el tramo en que se apreci6 esta l6nea, tampoco se observaron balizas, dispositivos que si fueron colocados en ciertos tramos de la l6nea de transmisi6n Madre Tierra – La Uni6n 230 kV.

Figura 34. L6nea de transmisi6n La Uni6n – Miriam 69 kV contigua a la l6nea de transmisi6n Madre Tierra – La Uni6n 230 kV



Fuente: elaboraci6n propia.

5.4 Monitoreos y encuestas realizadas en el año 2019

Por último, en el mes de mayo 2019 y ya con el proyecto operando en su totalidad, se decidió realizar una serie de monitoreos y encuestas, escogiendo algunas áreas del proyecto al azar y en las cuales se tuviera acceso. Se dialogó con propietarios y/o personal a cargo de las fincas o terrenos donde estuvieran las estructuras instaladas o bien hubiera un vano de línea.

Aparte de la encuesta realizada a las personas con las que se pudo tener contacto, se realizó una inspección visual de los sitios. Con esto, se trató de tener una apreciación de la zona y de encontrar si había cuerpos de agua, el tipo de cultivo o uso del terreno, entre otros.

Los datos solicitados y las preguntas realizadas en las encuestas fueron las siguientes:

- Edad.
- Tiempo de residencia.
- Desde que colocaron las nuevas líneas de transmisión, ¿ha visto aves muertas que parezca que chocaron con el cableado?
- Si la respuesta a la pregunta anterior era “sí”, se solicitaba indicar el tipo de ave y la temporada del año en que observó la muerte.

Se solicitaban estos datos, para conocer qué tanto tiempo llevaba la persona entrevistada residiendo en la zona y si de acuerdo con su edad, podía determinar si algún ave, de haber encontrado alguna fallecida o accidentada, había impactado con el nuevo tendido eléctrico. Así mismo, si su respuesta era positiva, se requería que pudiera describir qué tipo de ave era, ya que el tipo de ave que colisionara podía llevar a considerar alguna acción.

Los lugares visitados fueron los siguientes:

Tabla IV. **Fincas visitadas para encuestas**

No.	Finca	Línea de transmisión	Torre o vano
1	Nuevo Mundo	Pacífico – Santa Ana 230 kV	23A, 25 – 29
2	El Tesoro		18 – 20, 21A
3	El Pantanal		14 – 17
4	El Coco		8, y vano entre Torres 7 – 8.
5	La Esperanza	Madre Tierra – Pantaleón 230 kV	8N, 13
6	Flores de Miriam		14 – 15
7	El Recuerdo		16, 17, 18NV, 19NV, 20 y 20 NV
8	El Peñón	Siquinalá – Pantaleón 230 kV	13

Fuente: elaboración propia.

Los primeros lugares que se pudo visitar fueron los sitios descritos en la Tabla anterior, correspondientes a la línea de transmisión Madre Tierra – Pantaleón 230 kV y que se indican a continuación.

Figura 35. **Sitios visitados en la línea de transmisión Madre Tierra – Pantaleón 230 kV**



Fuente: elaboración propia.

Se inició con la finca La Esperanza en donde se encuentran las estructuras 8N y 13 (son continuas, a pesar de que el correlativo no lo indique). La persona entrevistada en este lugar, quien manifestó tener 10 años residiendo en la finca, indicó que nada más ha observado zopilotes (*Coragyps atratus*) muertos, pero de acuerdo con su apreciación, parecían haber muerto por causa natural. Mencionó que esto lo ha observado desde que reside en el lugar.

Posteriormente, se visitó la finca Flores de Miriam donde se encuentran las estructuras 14 y 15. Se entrevistó a dos personas, una de ellas que indicó tener 25 años residiendo en la zona, manifestó que en toda la finca siempre ha observado zopilotes (*Coragyps atratus*) muertos y que estos mueren por causa natural. Agregó, que las estructuras han sido utilizadas por estas aves para dormir y que muchas, llegan solo a realizar esta acción y no a buscar alimento.

La otra persona, únicamente manifestó que ha observado zopilotes (*Coragyps atratus*) muertos en los 2 años que lleva residiendo en la zona.

Figura 36. **Torres 14 y 15 de la línea de transmisión Madre Tierra – Pantaleón 230 kV**



Fuente: elaboración propia.

Por último, en relación a los sitios contemplados por visitar para esta línea, se visitó la finca El Recuerdo, en la cual no se pudo tener acceso al interior de la misma, ya que la ruta de acceso tenía un río que atravesar y el mismo estaba crecido el día de la visita. Sin embargo, por vía telefónica se pudo entrevistar a la persona, quién manifestó tener 30 años residiendo en la zona y que en el verano que recién había pasado, observó 10 chachas (*Ortalis vetula*) muertas, pero consideraba que no habían sido por colisiones en el tendido eléctrico. Cabe mencionar que esta especie está catalogada por el CONAP como una especie en peligro de extinción. Luego el entrevistado manifestó que había encontrado zopilotes muertos, pero por causas naturales.

Figura 37. **Chacha o chachalaca (*Ortalis veluta*)**



Fuente: Hablemos de aves. *Chachalaca: qué es, alimentación, sonido, peligros y más.*

Consultado el 20 de abril de 2020. Recuperado de <https://hablemosdeaves.com>.

A pesar de que no se pudo observar la totalidad de las estructuras de la Finca, se pudo realizar un pequeño recorrido entre las estructuras 16 y 17, no apreciando nada relevante en ese tramo.

Figura 38. Torres 16 y 17 de la línea de transmisión Madre Tierra – Pantaleón 230 kV



Fuente: elaboración propia.

Una semana después, se visitaron las fincas que se tenían contempladas para la línea de transmisión Pacífico – Santa Ana 230 kV y que figuran en la Tabla III. Cabe mencionar que esta Línea, fue la primera obra del proyecto en ser puesta en operación comercial. Los lugares que se visitaron fueron los que se aprecian a continuación.

Figura 39. **Sitios visitados en la línea de transmisión Pacífico – Santa Ana 230 kV**



Fuente: elaboración propia, utilizando datos de EEB Ingeniería y Servicios, S.A.

El primer sitio visitado fue la finca El Tesoro, en el cual la persona encuestada, quien manifestó ser administrador de dicha finca y poseer un tiempo de residencia en la misma de más de 42 años, mencionó que no había tenido conocimiento a la fecha sobre colisiones de aves en el nuevo tendido eléctrico. De igual manera, en el monitoreo realizado, no se observó ningún indicio de colisión y tampoco el cadáver de algún ave.

Figura 40. **Torres 21A y 22A de la línea de transmisión Pacífico – Santa Ana 230 kV**



Fuente: elaboración propia.

Seguidamente, se visitó la finca Nuevo Mundo, en las cercanías a la subestación Pacífico 230 kV. En esta finca se pudo entrevistar a dos personas. La primera mencionó tener más de 20 años trabajando en la zona y comentó que hasta ese momento no había visto ningún ave fallecida bajo el tendido eléctrico a causa de colisión. La segunda, quién mencionó tener más de 30 años residiendo en el sector, también comentó que a la fecha no había observado ninguna colisión ni había tenido conocimiento al respecto. Únicamente hizo el comentario que 3 años atrás, cuando se instaló la torre 3A de la adecuación de línea de transmisión San Joaquín – Aguacapa a la Subestación Pacífico 230 kV (Línea del PET-01-2009 que se encuentra paralela a la Línea Santa Ana – Pacífico 230 kV), había observado un ave fallecida, pero la muerte había sido a causa de un depredador por el tipo de herida con la que contaba.

Figura 41. Vano entre Torres 28 y 29 de la línea de transmisión Pacífico – Santa Ana 230 kV



Fuente: elaboración propia.

Luego, se visitó la finca El Pantanal, en donde se pudo entrevistar al administrador de la finca, quien tenía ya más de 13 años de residir en la zona. Manifestó, que en el invierno anterior había encontrado aproximadamente 25 zopilotes (*Coragyps atratus*) muertos bajo la línea de transmisión, los cuales consideraba él que habían fallecido por causas naturales, ya que no tenían indicios de colisión. Comentó también que los cuerpos rápido se descomponían y tampoco investigaban el motivo de su muerte. Cabe adicionar, que se realizó un recorrido entre las estructuras 15 – 17 y no se apreció nada inusual.

Figura 42. **Vano entre Torres 15 y 16 de la línea de transmisión Pacífico – Santa Ana 230 kV**



Fuente: elaboración propia.

Por último, con relación a esta línea de transmisión, se visitó la finca El Coco, en la cual no se pudo entrevistar a la persona de la cual se tenía información, pero se entrevistó a un vecino del sector quién manifestó realizar limpieza en los cultivos cercanos. La persona manifestó tener solamente año y medio de estar laborando en el área y comentó que en ese tiempo no había observado ninguna colisión ni había encontrado aves muertas. Adicional, se hizo un pequeño caminamiento para determinar si se encontraba alguna información relevante, pero no se apreció nada al respecto.

Figura 43. **Vano entre Torres 7 y 8 de la línea de transmisión Pacífico – Santa Ana 230 kV**



Fuente: elaboración propia.

En ese mes, el último lugar visitado fue la finca El Peñón, en donde se encuentra la estructura 13 de la línea de transmisión Siquinalá – Pantaleón 230 kV. Así mismo, se realizó un pequeño caminamiento en el tramo entre las estructuras 11 y 12, ya que se pudo acceder luego de conversar con un vecino del sector. El tramo visitado se puede apreciar de mejor manera en la siguiente imagen.

Figura 44. **Sitios visitados en la línea de transmisión Siquinalá – Pantaleón 230 kV**



Fuente: elaboración propia, utilizando datos de EEBIS.

La persona entrevistada en la finca El Peñón, manifestó tener 18 años de residir en el sector y comentó que a la fecha no había observado aves muertas ni había escuchado de parte de los colaboradores de la finca, algún evento de esa naturaleza. Posteriormente se hizo el recorrido en cercanías de la torre 13 y luego se procedió a realizar una pequeña inspección ocular en las cercanías a las estructuras 11 y 12, pero no se apreció nada relevante.

Un detalle a resaltar es que la línea de transmisión existente Siquinalá – Palo Gordo 230 kV se encuentra paralela a esta línea de transmisión desde la estructura 10 hasta la subestación. El vecino que permitió observar las estructuras 11 y 12, manifestó que desde que está instalada la línea existente, no había escuchado de colisiones ni de algún otro problema que pusiera en riesgo el medio ambiente.

Figura 45. **Torre 12 de la línea de transmisión Siquinalá – Pantaleón 230 kV paralela a estructura de la línea de transmisión Siquinalá – Palo Gordo 230 kV**



Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, haciendo un resumen de las entrevistas realizadas, tanto las realizadas en los años 2018 y 2019, los resultados fueron los siguientes:

Tabla V. **Resumen de las entrevistas realizadas**

Año 2018		
Edad del entrevistado	Tiempo de residencia en la zona	Cantidad de aves observadas que fallecieron a causa de colisión con el tendido eléctrico
35	4 – 5 años	0
62	29 años	0
57	18 años	0
Año 2019		
Edad del entrevistado	Tiempo de residencia en la zona	Cantidad de aves observadas que fallecieron a causa de colisión con el tendido eléctrico
43 años	10 años	0
63 años	25 años	0
23 años	2 años	0
76 años	30 años	0
57 años	42 años	0
67 años	más de 20 años	0
65 años	más de 30 años	0
38 años	13 años	0
66 años	1.5 años	0
63 años	18 años	0

Fuente: elaboración propia.

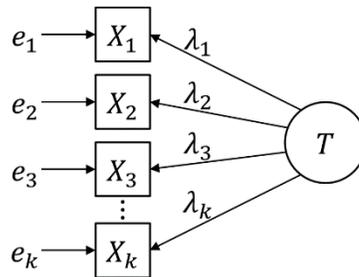
Por lo tanto, se puede observar que ninguno de los entrevistados observó o escuchó de alguna colisión de aves en el tendido eléctrico del Anillo Pacífico Sur.

Se considera importante resaltar, que uno de los inconvenientes que se tuvo en estos monitoreos, era que mi persona no poseía un vehículo de doble tracción, el cual fuera apto para el acceso a muchos de los sitios del proyecto, por lo que las visitas únicamente se limitaron a los sitios en donde el acceso no era tan complicado.

5.4.1. Análisis estadístico de las encuestas

Para poder determinar la validación de las muestras tomadas y determinar la confiabilidad de las encuestas realizadas y que se detallaron previamente, se procederá a realizar un pequeño análisis utilizando el alfa de cronbach, y con esto determinar la confiabilidad de los datos tomados. Cabe recalcar, como ya se mencionó anteriormente, que el acceso a muchos sitios estuvo limitado por falta de permisos en el área donde se encuentra el proyecto y por lo tanto se trabajará únicamente con los datos que se cuenta.

El Alfa de Cronbach es un coeficiente que sirve para medir la confiabilidad de una escala de medida, y cuya denominación Alfa fue realizada por Lee Joseph Cronbach en el año 1,951.



La fórmula que se utilizará será la siguiente:

$$\alpha = \frac{k}{(k - 1)} * 1 - \frac{\sum S_i}{S_t}$$

Esta fórmula, al ser todos valores de cero, dará como resultado un alfa igual a cero, lo cual determina que nuestra confiabilidad es muy baja y es que el tipo de información con la que se cuenta es muy poco para la realización de este análisis.

De igual manera, si realizamos otro estudio para determinar el error en la información, podemos determinar primero un muestreo para una población finita, a través de la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Para lo cual, de acuerdo con la información disponible, tocará asumir algunos valores, como lo pueden ser:

N = 13 (cantidad de entrevistados)

Z α = 1.96 al cuadrado (considerando que la seguridad es del 95 %)

p = proporción esperada (en este caso 5 % = 0.05)

q = 1 – p (en este caso 1-0.05 = 0.95)

d = precisión (se utilizará un 5 %).

Por lo tanto:

$$n = \frac{13 * 1.96^2 * 0.05 * 0.95}{0.05^2 * (13 - 1) + 1.96^2 * 0.05 * 0.95}$$
$$n = \frac{2.372188}{0.03 + 0.182476} = \frac{2.372188}{0.212476} = 11.1645$$

Con este valor de la muestra, se procede a calcular el margen de error, que viene dado por la fórmula:

$$error = z * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$error = 1.96 * \frac{0.2046}{\sqrt{11.1645}}$$

$$error = 12 \%$$

Siendo el error cercano al 12 % y la confiabilidad igual a cero, según el alfa de cronbach, nos lleva a determinar que esta información no es suficiente para la toma de una decisión.

5.5 Determinación de la necesidad de instalación de los dispositivos

Los primeros monitoreos llevados a cabo en el año 2,015 a las Fincas El Esfuerzo y Sagitario, previo al inicio de construcción del proyecto Anillo Pacífico Sur, determinaron que no iba a ser necesaria la instalación de dispositivos desviadores de vuelo de aves en el nuevo tendido eléctrico, en virtud de que los resultados obtenidos demostraron el poco riesgo de colisión de aves. De igual manera, tampoco se localizaron cadáveres de aves que hubieran fallecido a raíz de una colisión. En el único caso donde se encontró un ave muerta, se logró determinar que la misma había fallecido por alguna causa particular y no por una colisión con el tendido eléctrico.

En los años 2,018 y 2,019, los sitios que se monitorearon y que ya contaban con tendido eléctrico, algunos incluso con las líneas de transmisión ya energizadas, no reflejaron que se hubiera presentado alguna incidencia en los mismos. Aunado a esto, en las encuestas realizadas, los entrevistados manifestaron que las aves que encontraron fallecidas, las cuales en su mayoría eran zopilotes (*Coragyps atratus*), habían tenido una muerte por causa natural. Ningún entrevistado manifestó haber presenciado o escuchado de alguna

colisión en el nuevo tendido eléctrico. Con estos monitoreos se logró dar cumplimiento al objetivo específico número 1.

Por lo anterior y para dar cumplimiento al objetivo general de este trabajo, se llega a determinar que luego de los monitoreos realizados, los sitios visitados y el resultado de las encuestas realizadas, no es necesaria la instalación de dispositivos desviadores de vuelo de aves en el tendido eléctrico del Anillo Pacífico Sur, al ser los resultados poco contundentes y no demostrar que exista un riesgo para la avifauna del sector.

Cabe resaltar, que tal como determinó el MARN en las Licencias Ambientales otorgadas, la entidad encargada de la operación y mantenimiento, debe continuar con los monitoreos periódicos a las líneas de Transmisión del proyecto. Así también, se considera conveniente que la entidad continúe realizando entrevistas periódicas en las áreas de influencia del proyecto, para determinar si en un futuro cercano es necesaria la instalación de dispositivos desviadores de vuelo de aves, como una medida de prevención y de mitigación.

5.6 Estimación del ahorro económico

Como se mencionó en el inciso anterior, los monitoreos y el análisis basado en las encuestas realizadas, reflejaron que no sería necesaria la instalación de dispositivos desviadores de vuelo de aves. Además, la entidad EEB Ingeniería y Servicios, S.A. había optado por no colocarlos en las líneas de transmisión del proyecto antes de la puesta en operación comercial de la totalidad del mismo; sin embargo, de haber sido necesario, se debía dar cumplimiento a los objetivos 2 y 3 establecidos en el presente trabajo. En el caso del inciso 2, se considera que los dispositivos que se hubieran podido elegir, eran los espirales de PVC de color naranja, ya que la mayor parte de bibliografía consultada ha recomendado estos

dispositivos en virtud de los resultados que ha presentado. En el caso del inciso 3, hubiera sido necesario elegir los sitios donde debían instalarse los dispositivos, así como estimar un costo aproximado que esto conllevara.

Por lo tanto, para realizar una estimación económica sobre cuál hubiera sido el monto necesario para invertir en los dispositivos desviadores de vuelo de aves, primero era necesario determinar la cantidad a instalar. Para ello, primero se ubicaron por medio de geolocalización los sitios donde se hubiera considerado prioritaria su instalación. Para definir estos sitios, primero había que partir de la premisa de que no hay áreas protegidas determinadas por el CONAP en las cercanías del proyecto y tampoco se tiene conocimiento de áreas vulnerables que estuvieran en riesgo y fueran rutas migratorias para las aves.

Por dicha razón, los sitios escogidos serían los cuerpos de agua que superasen los 20 metros de ancho y que estuvieran obviamente, cercanos a las líneas del proyecto o bien el vano de la línea estuviera sobre dicho cuerpo de agua. Para los tramos habría dos consideraciones: si supera los 100 metros de ancho, la cadencia sería de 5 metros entre cada dispositivo y si es inferior a 100, la cadencia sería de 3 metros.

Adicional a esto, se consideraría conveniente sumar 2 desviadores adicionales en cada extremo, para ampliar la cobertura del tramo. A raíz de esto, el resultado para el trazo 1 sería básicamente el que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla VI. Estimación de cantidad de desviadores, trazo 1

No.	Ancho estimado del cuerpo de agua (metros)	línea de transmisión	Vano de ubicación del cuerpo de agua	Cantidad de dispositivos
1	16	Santa Ana – Pacífico 230 kV	Torres 21A y 22A	0
2	42		Torres 14 y 15	12
3	31		Torres 13 y 14 (Río Naranjo)	10
4	140		Torres 7 y 8 (Río Achiguate)	32
5	17		Torres 7 y 8	0
6	18		Torres 9 y 10	0
7	10		Torres 11 y 12	0
8	167		Torres 14N y 15N (Río Aceituno)	37
9	350	Magdalena – Santa Ana 230 kV	Torres 17N y 18N (Río Achiguate)	74
10	30		Torres 22N y 23N	10
11	56		Torres 25N y 26N	15
12	53		Torres 23N y 24N	15
13	30		Torres 23 y 24	10
14	20		Torres 26 y 27	8
15	35		Torres 29N y 30	11
16	20		Torres 34 y 35	8
17	25		Torres 40N y 41	9
18	35		Torres 41 y 42	11
19	55		Torres 45 y 46	15
20	55		Torres 47 y 48	15
			TOTAL	293

Fuente: elaboración propia.

Y para el trazo 2, el resultado será el expuesto en la siguiente tabla.

Tabla VII. Estimación de cantidad de desviadores, trazo 2

No.	Ancho estimado del cuerpo de agua (metros)	línea de transmisión	Vano de ubicación del cuerpo de agua	Cantidad de dispositivos
1	10	Magdalena – La Unión 230 kV	Torres 10N y 11N	0
2	21		Torres 20 y 21	8
3	30		Torres 23 y 24NV	10
4	17		Torres 25NV y 26 NV	0
5	12		Torres 25NV y 26 NV	0
6	15		Torres 26NV y 27 NV	0
7	11		Torres 28NV y 29NV	0
8	32		Torres 29NV y 30 NV	10
9	7		Torres 35 NV y 36 NV	0
10	28		Torres 35B y 37NV	10
11	32		Torres 35B y 37NV	10
12	100		Torres 36B y 37B	24
13	42		Torres 41B y 42B	12
14	20		Torres 45B y 46B	8
15	75		Torres 48 y 49	19
16	40		Torres 49 y 50NV	12
17	18		Torres 51NV y 52NV	0
18	173		Torres 53NV y 54NV	39
19	210		Torres 56NV y 57NV	46
20	8		Torres 60NV y 61NV	0
21	9		Torres 60NV y 61NV	0
22	60		Torres 65NV y 66NV	16
23	410	Madre Tierra – La Unión 230 kV	Torres 24 a 21 (2 piscícolas)	86

Continuación de la tabla VII.

No.	Ancho estimado del cuerpo de agua (metros)	línea de transmisión	Vano de ubicación del cuerpo de agua	Cantidad de dispositivos	
24	38	Madre Tierra – La Unión 230 kV	Torres 12 y 13	12	
25	68		Torres 10N y 11	18	
26	20		Torres 4N y 5N	8	
27	85		Torres 1N y 2N	21	
28	85		Torres 2N y 3N	21	
29	20		Torres 4N y 5N	8	
30	37		Torres 5N y 6N	11	
31	27		Torres 7N y 8N	9	
32	32		Torres 16 y 17	10	
33	8 y 10		Madre Tierra – Pantaleón 230 kV	Torres 18AN y 18NV	0
34	11			Torres 18NV y 19NV	0
35	110			Torres 20 y 21N	26
36	22		Torres 21N y 22N	8	
37	36		Torres 21N y 22N	11	
38	40		Torres 29 y 30N	12	
39	38		Torres 2 y 3	12	
40	23	Siquinalá – Pantaleón 230 kV	Torres 5 y 6	9	
41	12		Torres 9 y 10	0	
42	47		Torres 13 y 14	13	
43	200		Río Zarza	44	
			TOTAL	564	

Fuente: elaboración propia.

Como se observa, los sitios donde el cuerpo de agua tuviera un ancho menor a 20 metros, se descartaría de la colocación de los desviadores. Cabe mencionar, que el estudio de impacto ambiental – trazo 1, determinó que había 17 ríos en este trazo; sin embargo, se debe tomar en cuenta que en algunas ocasiones el mismo río puede pasar por lo menos 2 veces en las Líneas del

proyecto. El estudio de impacto ambiental – trazo 2, determinó que había 37 ríos en el trazo.

Claro está, que esta estimación se realiza asumiendo que las líneas de transmisión que crucen cuerpos de agua o que estén cerca de alguno, como el caso de las piscícolas, deberían requerir la instalación de los dispositivos desviadores de vuelo, aunque esto quedaría sujeto a la decisión de la entidad y a consideración propia, de un estudio más profundo. Sin embargo, si se consideran las variables referidas anteriormente, se determina que la cantidad a instalar es de 857 (293 + 564) dispositivos.

Por consiguiente, para realizar una estimación económica, se requiere primero determinar el precio de los dispositivos. Actualmente se pueden conseguir desviadores en el mercado que van desde USD 3.00 hasta USD 8.00, dependiendo el material, longitud, color, entre otros. Si consideramos una longitud de 0.5 metros por unidad, el costo de este sería aproximadamente de USD 5.00. Así mismo, habrá que considerar que se debe también adquirir una cantidad para reemplazo, ya sea por pérdida, daños u otra causa; por lo que se recomendaría agregar al menos 143 dispositivos más en la compra, para que se realice una compra de 1,000 unidades. Además, en la estimación deben incluirse costos de instalación y mantenimiento del equipo.

Tabla VIII. **Estimación total de la inversión**

Equipo / Actividad	Precio por unidad (USD)	Cantidad	Monto (USD)
Desviador de vuelo de aves	5.00	1000 unidades	5,000
Instalación equipo	1,500	20 días	30,000
Mantenimiento por año	1,500	2	3,000
		TOTAL	38,000

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, la inversión aproximada que pudo haberse realizado, de haberse determinado necesaria la instalación de los dispositivos, hubiera sido de aproximadamente USD 38,000.00 o bien, aplicando una tasa de Q7.70 por dólar americano, de alrededor de Q 292,600.00.

Se hace la salvedad, que los cálculos anteriores se realizaron únicamente con fines estimativos y los mismos pueden diferir de valores actuales. Sin embargo, la intención es que los mismos puedan servir como referencia para futuras investigaciones y/o análisis que se requieran.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que no era necesaria la instalación de dispositivos desviadores de vuelo de aves en el proyecto Plan de Expansión de Transporte 2012-2021, Anillo Pacífico Sur, al no encontrarse los elementos suficientes para esta toma de decisión.
2. Los monitoreos realizados a proyectos existentes previo a la construcción del proyecto Plan de Expansión de Transporte 2012-2021, Anillo Pacífico Sur, daban la pauta a que no sería necesaria la instalación de dispositivos desviadores de vuelo de aves en ningún tramo de las líneas de transmisión del proyecto referido.
3. Aunado al inciso anterior, se realizaron otros recorridos y un análisis con base en las entrevistas realizadas, con los cuales se determinó que no hubo información contundente para afirmar que algún ave falleciera por colisión con el tendido eléctrico. Los cadáveres de aves, ya sea encontrados y/o descritos por las personas encuestadas, permitieron determinar que los motivos de las muertes se debían a causas naturales.
4. El tipo de desviadores mayormente utilizados, tal como se explicó en el capítulo 3, son los de tipo espiral fabricados con polipropileno o bien con policloruro de vinilo. Sin embargo, al no considerarse necesaria la instalación de los dispositivos, no hubo necesidad de establecer una clase y color.

5. En las cercanías del proyecto no hay cuerpos de agua de gran volumen, áreas protegidas o bien rutas migratorias de aves, que preliminarmente hubieran permitido considerar la instalación de dispositivos desviadores de vuelo de aves de manera obligatoria. Sin embargo, si los resultados hubieran determinado la necesidad de instalar los dispositivos, se hubieran escogido las áreas que los recorridos y encuestas determinasen y probablemente también, se hubiesen seleccionado la mayoría de cuerpos de agua en los que interviene el proyecto, en este caso los ríos que se refirieron en las tablas V y VI del numeral 5.6.
6. Se considera que, de haberse realizado una inversión en la compra de dispositivos desviadores de vuelo de aves, tal como se mencionó en el numeral 5.6, la misma hubiera resultado poco provechosa.
7. Las aves y las líneas de transmisión han podido coexistir a lo largo de los últimos años e incluso la avifauna se ha adaptado a la instalación de las mismas, utilizándolas para fines reproductivos, de descanso, de perchado, entre otras funciones.

RECOMENDACIONES

1. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, de acuerdo con sus funciones y competencias, debe realizar inspecciones en todas las líneas de transmisión y distribución del Sistema eléctrico de Guatemala, para determinar si es necesario exigir a las empresas transportistas de electricidad, la instalación de dispositivos desviadores de vuelo de aves; mayormente en aquellos casos donde las líneas de transmisión se encuentren cercanas a cuerpos de agua de gran tamaño o sitios que sean reconocidos como rutas migratorias de aves.
2. La entidad encargada de la operación y mantenimiento del proyecto Anillo Pacífico Sur, debe continuar con el monitoreo periódico para determinar si a futuro es necesaria la colocación de dispositivos desviadores de vuelo de aves o bien, es necesario realizar alguna medida de mitigación ambiental.
3. Todos los transportistas reconocidos en el sector eléctrico, deben velar por el cumplimiento ambiental y estar comprometidos con el especial cuidado de la biodiversidad del sector donde instalen su infraestructura.
4. Todas las empresas que instalen nuevas líneas de transmisión deben realizar análisis y monitoreos previos para determinar la necesidad de utilizar dispositivos desviadores de vuelo de aves u otros métodos para protección de la avifauna.

5. Es conveniente que, para otro proyecto de una magnitud similar al actual, se analice la necesidad de colocar dispositivos desviadores de vuelo, ya que habrá zonas que, por sus características y condiciones, la implementación de estos dispositivos tenga que ser tomada en cuenta desde un inicio.

6. Debido a que se determinó que no es necesaria la instalación de dispositivos desviadores de vuelo de aves, la entidad que tendrá a cargo la operación y mantenimiento del proyecto, debe apegarse a lo establecido en el inciso A.4.1.10 de la Norma de Coordinación Operativa, implementando los esquemas de protección que garanticen la continuidad del servicio y el mismo no se vea interrumpido ante una posible colisión de ave que ponga en riesgo el suministro eléctrico.

REFERENCIAS

1. Administrador del Mercado Mayorista. (2015). *Norma de Coordinación Operativa no. 4*. Guatemala: CNEE.
2. Acuerdo Legislativo 18-93. Constitución Política de la República de Guatemala. Diario de Centroamérica. 17 de noviembre de 1993.
3. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. (2009). *Plan de Expansión Sistema de Transporte 2008-2018*. Guatemala: CNEE.
4. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. (2012). *Resolución CNEE-265-2012*. Guatemala: CNEE.
5. Comisión Regional de Interconexión Eléctrica. (2016). *Resolución CRIE-37-2016*. Guatemala: CRIE.
6. Compañía Sevillana de Electricidad, Iberdrola y Red Eléctrica de España. (1995). *Análisis de Impactos de Líneas Eléctricas sobre Avifauna de Espacios Naturales y Protegidos*. España: Compañía Sevillana de Electricidad, Iberdrola y Red Eléctrica de España.
7. CESEL Ingenieros (2010). *Plan de Manejo Ambiental*. Perú: CESEL Ingenieros.
8. Decreto 68-86. Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. Diario de Centroamérica. 05 de diciembre de 1986.

9. Decreto 90-2000. REFORMAS A LA LEY DEL ORGANISMO EJECUTIVO, DECRETO NUMERO 114-97 DEL CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Diario de Centroamérica. 08 de diciembre del 2000.
10. Empresa Propietaria de la Red (2015). *DESCRIPCIÓN: LÍNEA SIEPAC*. Costa Rica. Recuperado de: <https://www.eprsiepac.com/contenido/descripcion-linea-siepac/>
11. Everlife, S.A. (2013). *Estudio de impacto ambiental, Plan de Expansión del Sistema de Transporte 2012-2021*. Guatemala.
12. Ferrer, Miguel Ángel. (2012). *Aves y tendidos eléctricos - Del Conflicto a la solución*. España: Fundación MIGRES.
13. González Rivera, Gonzalo. (2014). *“Medidas de mitigación de impactos en aves silvestres y murciélagos” Propuesta Técnica*. Recuperado de http://www.sag.cl/sites/default/files/producto_ii_v3.pdf.
14. Guatemala.com (s.f.). Recuperado de: <https://aprende.guatemala.com/cultura-guatemalteca/civismo/la-ceiba-arbol-nacional-de-guatemala/>
15. Hablemosdeaves.com (s.f.) Recuperado de <https://hablemosdeaves.com/?s=buitre+negro+americano> y <https://hablemosdeaves.com/?s=chacha>.

16. Heijins, R. (1980). *Bird Mortality from collision with conductors of maximum tension*. *Ökologie der Vögel* 2.
17. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala (s.f.). Recuperado de <http://historico.insivumeh.gob.gt/regiones-climaticas/>
18. Kent News. (28 de marzo de 2012). *Diverting bid to stop swans hitting cables*. Recuperado de <http://www.kentonline.co.uk/sheerness/news/diverting-bid-to-stop-swans-hitt-a65824/>
19. Ley General de Electricidad. Diario de Centroamérica. 15 de noviembre de 1996.
20. Manzano Fishcer, Patricia. (2007). *Principales conflictos entre aves y líneas de energía eléctrica*. México: Comisión Nacional de Áreas Protegidas Naturales.
21. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2009) *Política Nacional de Cambio Climático*. Guatemala: MARN.
22. Ministerio de Energía y Minas. (2013). *Política Energética 2013-2027*. Guatemala: MEM.
23. Ministerio de Energía y Minas. (2017). *Plan Nacional de Energía 2017-2032*. Guatemala: MEM.

24. Resolución 02588-2014/DIGARN/ESPA-ohmc-cfo. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. 10 de julio de 2014.
25. OK DIARIO (s.f.). *5 curiosidades del mapache que demuestran lo sorprendentes que son. Consultado el 01 de junio de 2020.* Recuperado de <https://okdiario.com/curiosidades/curiosidades-mapache-1113676>.
26. Pinchot, Joe. (02 de julio de 2014). *Man, nature collide*. The Herald. Recuperado de https://www.sharonherald.com/news/local_news/man-nature-collide/article_9558b3a0-f3bd-51ce-89a0-dafb7e09a306.html
27. Reglamento de la Ley General de Electricidad. Diario de Centroamérica. 15 de noviembre de 1996.
28. Resolución 03149-2014/DIGARN/FACB/cfo/ohmc. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. 05 de agosto de 2014.
29. Sector Electricidad (s.f.) *¿Para qué sirven las esferas de los cables de alta tensión? (balizas)*. Recuperado de <http://www.sectorelectricidad.com/8392/para-que-sirven-las-esferas-de-los-cables-de-alta-tension/>
30. U.S. Department of Health & Human Services. (s.f.). *Módulo 2: Diseño de Investigaciones*. Estados Unidos. Recuperado de http://ori.hhs.gov/education/products/sdsu/espanol/res_des1.htm

31. TRECSA (2012). *INFORME DE SELECCIÓN DE TRAMOS PARA COLOCACIÓN DE DISPOSITIVOS DESVIADORES DE VUELO DE AVES*. Guatemala.
32. Wikipedia. *Sceloporus*. Consultado el 01 de noviembre de 2020.
Recuperado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Sceloporus>

APÉNDICES

Apéndice 1. Primera encuesta realizada

Nombre: Adolfo Méndez

Edad: 66 años.

Tiempo de residencia: 1 año y medio

5. Desde que colocaron las nuevas líneas de transmisión, ¿ha visto aves muertas que parezca que chocaron contra el cableado?

SI NO

- Tipo de ave: _____

- Temporada del año: _____

Se ha hecho limpieza y no.

Nombre: Humberto Martínez

Edad: 63 años.

Tiempo de residencia: 18 años

6. Desde que colocaron las nuevas líneas de transmisión, ¿ha visto aves muertas que parezca que chocaron contra el cableado?

SI NO

- Tipo de ave: _____

- Temporada del año: _____

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Segunda encuesta realizada

Nombre: _____

Edad: 23 años

Tiempo de residencia: 2 años

3. Desde que colocaron las nuevas líneas de transmisión, ¿ha visto aves muertas que parezca que chocaron contra el cableado?

SI NO

- Tipo de ave: _____

- Temporada del año: _____

Zopes, por causa natural

Nombre: René Taracena

Edad: 76 años

Tiempo de residencia: 30 años

4. Desde que colocaron las nuevas líneas de transmisión, ¿ha visto aves muertas que parezca que chocaron contra el cableado?

SI NO

- Tipo de ave: Chachas (10)

- Temporada del año: Verano

Zopes, por causa natural.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Tercera encuesta realizada

T - 14, 15

Nombre: Damasio Hernández

Edad: 63

Tiempo de residencia: 25 años

1. Desde que colocaron las nuevas líneas de transmisión, ¿ha visto aves muertas que parezca que chocaron contra el cableado?

SI NO

- Tipo de ave: _____

- Temporada del año: _____

Toda la finca, zopes muertos por causa natural, se quedan abajo, solo llegan a dormir.

T - 14 y 15

Nombre: Lucas

Edad: 43 años

Tiempo de residencia: 10 años

2. Desde que colocaron las nuevas líneas de transmisión, ¿ha visto aves muertas que parezca que chocaron contra el cableado?

SI NO

- Tipo de ave: _____

- Temporada del año: _____

Zopes, muerte natural

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Cuarta encuesta realizada

T.14-17

Nombre: Abraham Solís

Edad: 38.

Tiempo de residencia: 13

3. Desde que colocaron las nuevas líneas de transmisión, ¿ha visto aves muertas que parezca que chocaron contra el cableado?

SI NO

- Tipo de ave: Zopilotes (25)

- Temporada del año: Invierno

bajo la línea, encontrados muertos.

Nombre: Manuel de Jesús

Edad: 57 años

Tiempo de residencia: 42 años

4. Desde que colocaron las nuevas líneas de transmisión, ¿ha visto aves muertas que parezca que chocaron contra el cableado?

SI NO

- Tipo de ave: _____

- Temporada del año: _____

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Quinta encuesta realizada

LT Pac - Sta Ana T. 29, 29A, 25-28

Nombre: José Luis Rodríguez

Edad: 67 años

Tiempo de residencia: + 20 años

1. Desde que colocaron las nuevas líneas de transmisión, ¿ha visto aves muertas que parezca que chocaron contra el cableado?

SI NO

- Tipo de ave: _____

- Temporada del año: _____

T. 18-20, 21 A

Nombre: Jesús Méndez Vásquez

Edad: ≈ 65 años

Tiempo de residencia: + de 30 años

2. Desde que colocaron las nuevas líneas de transmisión, ¿ha visto aves muertas que parezca que chocaron contra el cableado?

SI NO

- Tipo de ave: _____

- Temporada del año: _____

- 3 años, torre del PET, un ave huyendo de depredador

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. Sexta encuesta realizada

Nombre: Jorge Mario Marroquín

Edad: 35 años

Tiempo de residencia: 4-5 años

7. Desde que colocaron las nuevas líneas de transmisión, ¿ha visto aves muertas que parezca que chocaron contra el cableado?

SI NO

- Tipo de ave: _____

- Temporada del año: _____

Nombre: Oscar Suchini

Edad: 62 años

Tiempo de residencia: 29 años

8. Desde que colocaron las nuevas líneas de transmisión, ¿ha visto aves muertas que parezca que chocaron contra el cableado?

SI NO

- Tipo de ave: _____

- Temporada del año: _____

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. Séptima encuesta realizada

Nombre: Concepción Marroquín

Edad: 57 años

Tiempo de residencia: 18 años

9. Desde que colocaron las nuevas líneas de transmisión, ¿ha visto aves muertas que parezca que chocaron contra el cableado?

SI NO

- Tipo de ave: _____

- Temporada del año: _____

Nombre: _____

Edad: _____

Tiempo de residencia: _____

10. Desde que colocaron las nuevas líneas de transmisión, ¿ha visto aves muertas que parezca que chocaron contra el cableado?

SI NO

- Tipo de ave: _____

- Temporada del año: _____

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 8. Vano de la línea de transmisión Escuintla I – Siquinalá 230 kV en Finca El Esfuerzo



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 9. Vano entre Torres 230 y 231 de la línea de transmisión Chixoy II – San Agustín 230 kV, con balizas instaladas en un cable paralelo



Fuente: elaboración propia.

**Apéndice 10. Torres 8N y 13 de la línea de transmisión Madre Tierra –
Pantaleón 230 kV**



Fuente: elaboración propia.