



Conservation Strategy Fund | Conservación Estratégica | SERIE TÉCNICA N.º 41 | noviembre de 2015

## Análisis comparativo de distintas rutas para la interconexión eléctrica Colombia - Panamá

david campoverde  
irene burgués arrea  
maría del carmen vera díaz  
aaron bruner

CSF apoya los ecosistemas naturales para el bienestar de comunidades humanas mediante estrategias económicas para la conservación. Nuestras capacitaciones, análisis y asistencia técnica oportuna promueven el desarrollo que integra los valores naturales y brinda incentivos para su conservación.

Edición: William Camacho  
Foto de portada: Oyvind Martinsen  
Diseño: Cromosoma

7151 Wilton Avenue, Suite 203  
Sebastopol, CA 95472  
Teléfono: +707-829-1802  
Fax: +707-829-1806

1160 G Street, Suite A-1  
Arcata, CA 95521 USA  
Teléfono: +707-822-5505  
Fax: +707-822-5535  
[info@conservation-strategy.org](mailto:info@conservation-strategy.org)

Estrada Dona Castorina, 124  
Horto, Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro, 22460-320, Brazil  
Teléfono: +55 -31 -3681-4901  
[info@conservation-strategy.org](mailto:info@conservation-strategy.org)

Calle Pablo Sánchez N°. 6981 (entre Calles 1 y 2)  
Irpavi. La Paz, Bolivia  
Teléfono: +591 -2 -2721925  
[andes@conservation-strategy.org](mailto:andes@conservation-strategy.org)

Calle Larco Herrera N°. 215  
Miraflores. Lima, Perú  
Teléfono: +511- 6020775  
[andes@conservation-strategy.org](mailto:andes@conservation-strategy.org)



# Análisis comparativo de distintas rutas para la interconexión eléctrica Colombia - Panamá

david campoverde  
irene burgués arrea  
maría del carmen vera díaz  
aaron bruner



Disclaimers

El presente estudio fue contratado por el Ministerio de Ambiente de Panamá para contribuir a la toma de decisiones sobre diferentes alternativas de interconexión eléctrica entre Panamá y Colombia. Los resultados aquí expresados no necesariamente expresan la posición del Ministerio de Ambiente ni de los colaboradores y de ninguna manera reemplazan otros estudios que deban realizarse de acuerdo a las leyes y normas panameñas. Tampoco reemplazan la consulta libre, previa e informada que deberá realizarse con los grupos indígenas que habitan las áreas que puedan ser afectadas por el proyecto. Esta publicación es propiedad exclusiva del Ministerio de Ambiente de la República de Panamá y protegida por las normas sobre Derechos de Autor y por todas las normas nacionales e internacionales que le sean aplicables.



 Agradecimientos

Este estudio fue posible gracias a la colaboración y apoyo financiero del Ministerio de Ambiente de Panamá. También agradecemos la colaboración de las siguientes instituciones: Interconexión Eléctrica Colombia Panamá (ICP), Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Secretaría Nacional de Energía, Empresa de Transmisión Eléctrica (ETESA), Servicio Nacional de Fronteras (SENAFRONT), Fundación Panthera, Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales Panamá.

El trabajo técnico, coordinación y supervisión de las siguientes personas del Ministerio del Ambiente fue esencial en la realización de este estudio: Indra Candanedo, Samuel Valdez, Marisol Dimas, Zuleika Pinzón, Carmen Prieto, Jovel Núñez, Eustorgio Jaén y Jorge Andreve. Por su parte, el apoyo constante al análisis de parte de la Ministra Mirei Endara fue imprescindible.

Por su parte, agradecemos a Juan Robalino por la supervisión del análisis de deforestación, a Hedley Grantham por su apoyo al análisis Análisis Multicriterio y a John Fay por su guía para el análisis de Ruta de Coste. Finalmente, agradecemos a John Reid y Alfonso Malky de CSF por sus aportes técnicos en las distintas etapas del análisis.



{ Indice



LISTA DE ACRÓNIMOS	11
RESUMEN EJECUTIVO	12
EXECUTIVE SUMMARY	17
INTRODUCCIÓN	23
OBJETIVO	24
PROYECTO DE INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA COLOMBIA–PANAMÁ (ICP)	24
METODOLOGÍA	27
ANÁLISIS MULTICRITERIO	28
MAPA DE RIESGOS: OBJETIVOS, SUBOBJETIVOS Y CRITERIOS	29
PONDERACIÓN DEL RIESGO	29
DEFINICIÓN DE RUTAS ALTERNATIVAS	33
TRAZADO DE RUTAS DE INTERCONEXIÓN: TERRESTRE	34
TRAZADO DE RUTAS DE INTERCONEXIÓN: MARINO	35
DEFORESTACIÓN	36
PROYECCIÓN DE NUEVAS VÍAS	36
PROYECCIÓN DE DEFORESTACIÓN POR RUTA DE INTERCONEXIÓN	38
RIESGOS POR RUTAS DE INTERCONEXIÓN	38
ANÁLISIS FINANCIERO DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN	39
RESULTADOS	41
ANÁLISIS MULTICRITERIO	42
MAPA DE RIESGO	42
MAPA DE RIESGOS A LA BIODIVERSIDAD	43
MAPA DE RIESGOS SOCIALES	45
RIESGOS A LA SEGURIDAD NACIONAL	47
PONDERACIÓN DEL RIESGO DE AFECTACIÓN	48
DEFINICIÓN DE RUTAS DE INTERCONEXIÓN	49
DEFORESTACIÓN	51
DEFORESTACIÓN ADICIONAL RUTA 1	52
DEFORESTACIÓN ADICIONAL RUTA 2	53
DEFORESTACIÓN ADICIONAL RUTA 3	54
DEFORESTACIÓN ADICIONAL RUTA 4	55
ANÁLISIS FINANCIERO	60
ANÁLISIS COMPARATIVO DE RIESGO Y COSTO FINANCIERO	61
REFERENCIAS	63
ANEXOS	67
ANEXO 1: METODOLOGÍA DEL TALLER DE PONDERACIÓN	68
ANEXO 2: MATRICES PONDERACIÓN DEL RIESGO	69
ANEXO 3: RUTAS ALTERNATIVAS	71
ANEXO 4: MODELO NUEVAS VÍAS	72
ANEXO 5: PROYECTOS DE INTERCONEXIÓN UTILIZADOS COMO REFERENCIA	73

ANEXO 6: DESCRIPCIÓN DE CRITERIOS	74
A. AFECTACIÓN BIODIVERSIDAD	74
B. INCIDENCIA EN COMUNIDADES INDÍGENAS	75
C. INCIDENCIA EN SEGURIDAD NACIONAL	76
D. FUENTES DE DATOS UTILIZADAS	76
E. MAPAS DE RIESGO	77
ANEXO 7. TABLAS DE AFECTACIÓN UTILIZADAS PARA OBTENER EL ÍNDICE DE RIESGO	80
ANEXO 8. OTROS ESCENARIOS UTILIZADOS	81

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ejemplos de formatos de ponderación por pares	31
Figura 2: Ejemplo de normalización de las matrices de ponderación	32

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1: Puntos de entrada para la generación de rutas para la interconexión	33
Mapa 2: Mapa de riesgos a la biodiversidad	44
Mapa 3: Mapa de riesgos sociales	46
Mapa 4: Ubicación de compañías de alto valor para la Ruta 1	47
Mapa 5: Alternativas de rutas para la interconexión eléctrica Colombia Panamá	50
Mapa 6: Deforestación adicional por generación de nuevas vías – Ruta 1 Interconexión Colombia Panamá	53
Mapa 7: Deforestación adicional por generación de nuevas vías – Ruta 2+ Vía Paralela –Buffer 3km- Interconexión Colombia Panamá	54
Mapa 8: Deforestación adicional por generación de nuevas vías – Ruta 3 – Interconexión Colombia Panamá	55
Mapa 9: Deforestación adicional por generación de nuevas vías – Ruta 4 + Vía Paralela – Interconexión Colombia Panamá	56

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Distribución de expertos en mesas de ponderación	30
Tabla 2: Escalas de importancia del riesgo para asignar pesos	30
Tabla 3: Estimaciones de costos por km por tipo de tramo	40
Tabla 4: Criterios Mapa de Riesgo	43
Tabla 5: Ponderación de riesgo por criterio	48
Tabla 6: Cantidad de kilómetros de vías generadas por rutas interconexión	50
Tabla 7: Deforestación modelada a partir de nuevas vías generadas	52
Tabla 8: Deforestación total por ruta y escenario	57
Tabla 9: Análisis Multicriterio – indicadores acumulados	58
Tabla 10: Análisis Multicriterio – calificación final	58
Tabla 11: Estimaciones de costos de construcción por ruta	60
Tabla 12: Estimaciones de costos de construcción para la República de Panamá	60
Tabla 13: Trade-off de riesgo de afectación vs. costos de construcción	61





## Resumen Ejecutivo



El proyecto de Interconexión Eléctrica entre Panamá y Colombia fue planteado por primera vez en 1998. A partir de entonces, el proyecto fue concebido y propuesto en el marco de múltiples acuerdos políticos, como componente importante para el desarrollo e integración de la región, dado que tiene como objetivo servir de enlace entre los mercados eléctricos de Centroamérica y la Región Andina. Asimismo, puede constituirse en una oportunidad de negocio para Colombia, aumentando sus exportaciones de electricidad, como también para Panamá, en la atención de su demanda energética (Consultoría Colombiana, 2005)<sup>1</sup>.

Conservation Strategy Fund (CSF) desarrolló el estudio: “Análisis Comparativo de Costos Financieros y Riesgos Socio-ambientales de distintas rutas para la Interconexión Eléctrica Colombia–Panamá” (ANAM Contrato 003-2015). El objetivo del estudio fue generar información concisa y útil para la toma de decisiones sobre los costos financieros de construcción y los riesgos ambientales, sociales y de seguridad nacional asociados a distintas rutas alternativas que podría tomar la interconexión.

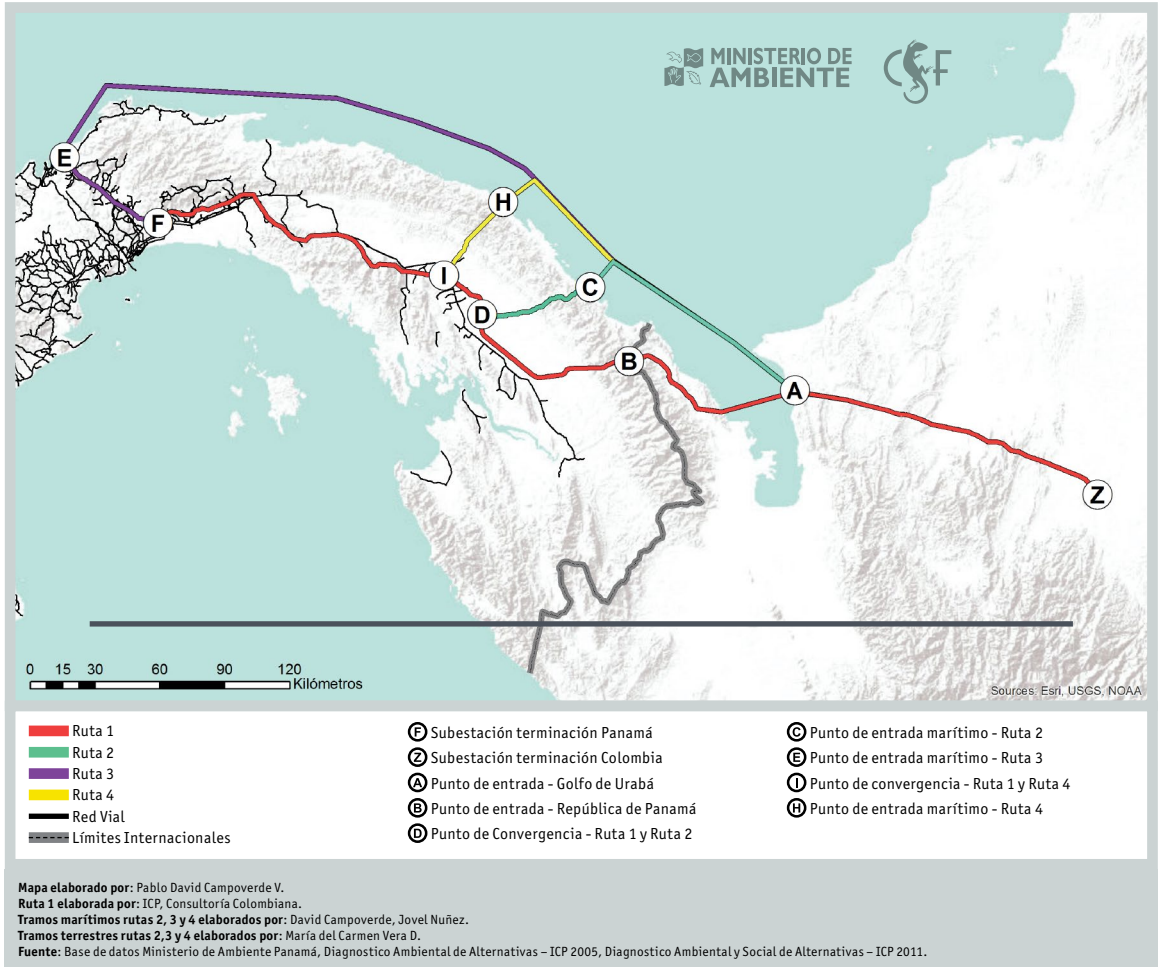
El estudio se basó en la recopilación de información primaria y secundaria, así como en la aplicación del Análisis Multicriterio para determinar cuál sería la ruta que tendría menos riesgos. La definición y ponderación de los riesgos se realizó en base al criterio técnico de especialistas panameños, quienes calificaron los niveles de riesgo para las diferentes variables consideradas.

En paralelo a la definición y cuantificación de riesgos, se trazaron las rutas alternativas de interconexión, a través de un ejercicio de optimización que minimizó los riesgos y costos financieros, utilizando la herramienta “Ruta de Menor Coste” de ArcGIS<sup>2</sup>. Una vez definidas las rutas alternativas, se proyectó la deforestación adicional que generaría cada ruta, con base en la proyección de caminos y el modelo de deforestación para Panamá, elaborado por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE, 2013)<sup>3</sup>. Finalmente, se cuantificó el riesgo total ponderado de cada alternativa y se comparó con el costo financiero de construcción.

A continuación se describen las rutas analizadas.

- 
- 1 Consultoría Colombiana (2005). Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA) para la Interconexión Eléctrica entre Colombia y Panamá. Reporte Final, Bogotá.
  - 2 ArcGIS es un sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica (ESRI, 2015a).
  - 3 CATIE (2013). Análisis de cambio de uso de la tierra (1992–2008) y formulación de escenarios de deforestación futura de los bosques de Panamá. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba.

MAPA: ALTERNATIVAS DE RUTAS PARA LA INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA COLOMBIA PANAMÁ



**Ruta 1: Ruta Terrestre Comarca Emberá Wounan de Cémaco** (roja en el mapa). Pasa por los puntos ZABDIF y corresponde al último trazado propuesto por ICP; atraviesa una comarca indígena Emberá y el Bosque Protector Alto Darién. En total, este trazado tendría un recorrido de 510 km, incluyendo el tramo en Colombia.

**Ruta 2: Ruta Marino Terrestre Puerto Escocés-Comarca Guna** (celeste en el mapa). Pasa por los puntos ZACDIF y entra a territorio panameño en Puerto Escocés; atraviesa una comarca Guna Yala y otra Emberá, así como por la Reserva Hidrológica de la Serranía del Darién. Este trazado mediría 505 km, incluyendo el tramo en Colombia.

**Ruta 3: Ruta Marino Terrestre Colón** (morada en el mapa). Pasa por los puntos ZAEF y entra a territorio panameño cerca de la ciudad de Colón; evita la zona del Darién y comarcas indígenas. En total, este trazado tendría un recorrido de 608 km, incluyendo el tramo en Colombia.

**Ruta 4: Ruta Marino Terrestre Mamitupu-Comarca Wargandí** (amarilla en el mapa). Pasa por los puntos ZAHIF y entra a territorio panameño cerca del poblado de Mamitupu; evita la zona del Darién, áreas protegidas y zonas fronterizas. Sin embargo, atravesaría dos comarcas Guna Yala. En total, este trazado mediría 527 km, incluyendo el tramo en Colombia.

La siguiente tabla presenta un resumen de las características generales de las rutas analizadas. Se puede notar que existe un “*trade-off*” evidente entre el costo financiero del proyecto y la minimización de los riesgos ambientales, sociales y de seguridad nacional.

TABLA: TRADE-OFF DE RIESGO DE AFECTACIÓN VS. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN

ALTERNATIVA	DEFORESTACIÓN ADICIONAL 25 AÑOS (HECTÁREAS)	ÍNDICE RIESGO PONDERADO*	COSTO REPÚBLICA DE PANAMÁ** (MILLONES USD)	CARACTERÍSTICAS RELEVANTES
Ruta Terrestre Comarca Emberá Wounan de Cémaco (Ruta 1)	10.029	63	217	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ruta con el segundo más alto índice de riesgo ponderado.</li> <li>■ Ruta con índice de riesgo más alto en seguridad nacional.</li> <li>■ La ruta atravesaría una comarca indígena Emberá.</li> <li>■ La ruta no asume la generación de un camino de servidumbre paralelo al trazado dentro del Parque Nacional Alto Darién (Técnica constructiva helicoportada).</li> <li>■ Ruta con menor costo financiero.</li> </ul>
Ruta Marino Terrestre Puerto Escocés-Comarca Guna (Ruta 2)	11.721	67	257	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ruta con índice de riesgo ponderado más alto.</li> <li>■ Ruta con índice de riesgo ambiental y social más alto.</li> <li>■ La ruta atravesaría una comarca Guna Yala y otra Emberá.</li> <li>■ Asume la generación de un camino paralelo al trazado desde Puerto Escocés hasta el norte de la ciudad de Santa Fé, donde se uniría con una carretera secundaria existente.</li> <li>■ Ruta con el segundo menor costo financiero.</li> </ul>
Ruta Marino Terrestre Colón (Ruta 3)	1.597	12	458	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ruta con índice de riesgo ponderado más bajo, y en todas las categorías: ambiental, social y seguridad nacional.</li> <li>■ Ruta con tramo marítimo más largo.</li> <li>■ La ruta no atravesaría ninguna comarca indígena.</li> <li>■ La ruta no asume la generación de un camino de servidumbre paralelo al trazado, debido a la alta conectividad vial de la zona .</li> <li>■ Ruta con mayor costo financiero.</li> </ul>
Ruta Marino Terrestre Mamitupu-Comarca Wargandí (Ruta 4)	9.553	48	298	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ruta con el segundo más bajo índice de riesgo ponderado, y en las categorías ambiental y seguridad nacional.</li> <li>■ La ruta evita atravesar zonas de biodiversidad terrestre importantes.</li> <li>■ La ruta atravesaría dos comarcas Guna Yala.</li> <li>■ Asume la generación de un camino paralelo al trazado desde Mamitupu hasta Cañazas, donde se uniría con una carretera secundaria existente.</li> <li>■ Ruta con segundo mayor costo financiero.</li> </ul>

\* El índice de riesgo ponderado es un valor comparativo y útil únicamente como herramienta de comparación. Su rango es de 0 a 100, donde 0 representa el riesgo mínimo, y 100, el máximo. Se asume ponderación igualitaria entre riesgos: sociales, ambientales y de seguridad nacional (33,3% cada uno).

\*\* Los costos para Panamá son la mitad del costo total de construcción.

Fuente: Elaboración propia.

Dadas las altas tasas de deforestación en Panamá, y su relación con la generación de caminos nuevos, todas las rutas analizadas –excepto la Ruta 3– implican un incremento importante en la deforestación dentro de los paisajes más continuos, menos fragmentados y con menores tasas de deforestación en el Sur de Panamá. Asimismo, todas las alternativas –excepto la Ruta 3– atraviesan territorios indígenas, lo cual implica un riesgo adicional importante, al ser áreas donde hay problemas de tenencia de tierra, así como zonas de carácter sagrado para las poblaciones originarias, y también con potencial arqueológico.

Por ende, la Ruta Marino Terrestre Colón (Ruta 3) es la opción con el riesgo más bajo entre las alternativas propuestas. Sin embargo, es la alternativa con mayor costo financiero de construcción, debido a que considera un tramo marino importante. Si comparamos la Ruta 3 con la Ruta 1 (que es la alternativa planteada por ICP), el índice de riesgo se reduce en un 81%, y la deforestación, en un 84%. Por su parte, los costos de construcción se elevan en un 111%, es decir, más del doble del costo del proyecto si se utiliza el trazado de la Ruta 1.

En términos de riesgo total ponderado, la segunda mejor opción es la Ruta Marino Terrestre Mamitupu-Comarca Wargandí (Ruta 4). Esta ruta, comparada con la propuesta por ICP (Ruta 1), reduciría en un 24% el índice total de riesgo ponderado, y los costos de construcción se elevarían en un 37%. A pesar de que la diferencia en la reducción de deforestación entre las rutas 4 y 1 no es grande, la Ruta 4 no atraviesa zonas fronterizas ni áreas protegidas, lo cual se muestra mediante el índice de riesgo presentado. No obstante, cabe destacar que esta ruta atravesaría dos comarcas Guna Yala y zonas con potencial arqueológico y de carácter sagrado para las poblaciones indígenas.

Las rutas 1 y 2 son las que presentan el mayor índice de riesgo. Además de conllevar riesgos asociados a atravesar zonas indígenas y de importancia para la biodiversidad, estas rutas implican un alto riesgo a la seguridad nacional por estar en zona fronteriza. De acuerdo al Servicio Nacional de Fronteras (SENAFRONT, 2014)<sup>4</sup>, el proyecto de interconexión planteado por ICP (Ruta 1) tendría riesgos vinculados a la amenaza de atentados contra las torres de transmisión, y a la creación de rutas secundarias o terciarias que pueden propiciar la movilidad de los grupos armados en la zona. Igualmente, y según SENAFRONT, en la zona existen conflictos sociales importantes por la cercanía con grupos armados, lo cual, además, genera conflictos de tenencia de tierra.

Este estudio presenta los riesgos y los costos de construcción asociados a distintas alternativas de interconexión eléctrica entre Panamá y Colombia. Estos elementos son útiles para orientar la toma de decisión, ya que muestran los riesgos que estaría asumiendo la sociedad panameña para cada una de las rutas. Por otra parte, indican los costos adicionales que tendría que asumir la empresa desarrolladora para ejecutar aquellas alternativas que evitan riesgos específicos.

Es importante tener en cuenta que los resultados presentados no constituyen un análisis costo-beneficio sobre la factibilidad económica general del proyecto de interconexión. Sin embargo, la información de este estudio podría ser integrada en dicho análisis, contribuyendo con información sobre los costos asociados a los impactos del proyecto y a las medidas de mitigación.

---

<sup>4</sup> Servicio Nacional de Fronteras (2014). Creación y equipamiento táctico individual de compañías de alto valor. Ciudad de Panamá.





## Executive Summary



The electrical interconnection project between Panama and Colombia was first proposed in 1998. Since then, the project has been promoted as part of multiple political agreements and an ingredient of economic development and regional integration. It would link the Central American and Andean electricity markets. For Colombia, it would open opportunities to increase electricity exports while for Panama the connection would provide a new option for addressing energy demand (Consultoría Colombiana, 2005)<sup>5</sup>.

Conservation Strategy Fund (CSF) conducted a multi-criteria analysis to compare the financial construction costs and the environmental, social and national security risks associated with various alternative routes that the interconnection could take. In this kind of analysis, different routes are rated on a numerical scale depending on the risks posed to 20 different environmental, social and national security criteria. The definition and assessment of risks were based on consultations with Panamanian technical experts.

In parallel to the definition and quantification of risks, interconnection routes were plotted through an optimization exercise that minimized the risks and financial costs, using the “Least Cost Path” (LCP) ArcGIS tool<sup>6</sup>. Once the routes were defined, the additional deforestation that each route would generate was estimated based on the projection of new roads and the deforestation model for Panama, developed by the Tropical Agricultural Research and Higher Education Center (CATIE, 2013)<sup>7</sup>. Finally, the total weighted risk for each alternative was quantified and compared with the financial cost of construction.

The following map shows the routes analyzed.

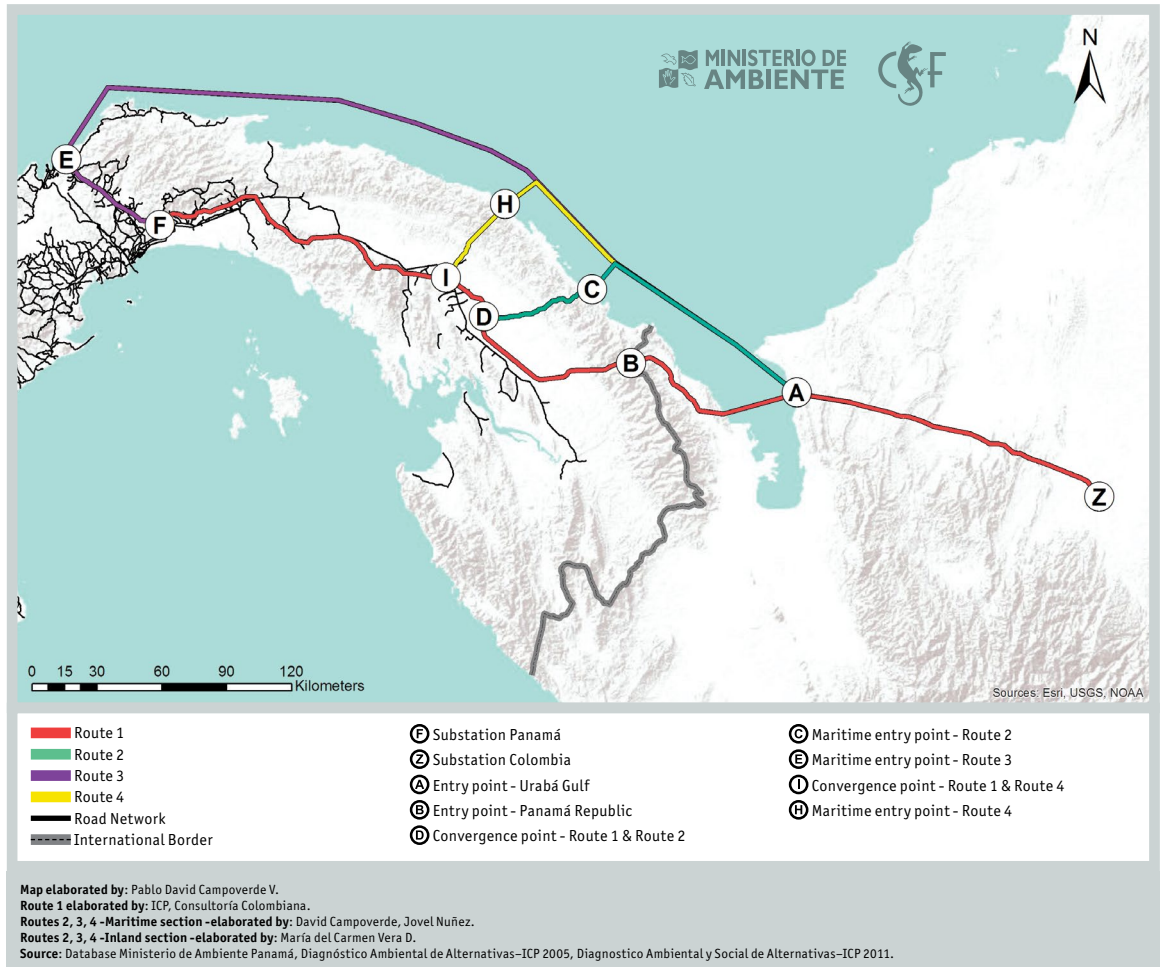
---

5 Consultoría Colombiana (2005). Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA) para la Interconexión Eléctrica entre Colombia y Panamá. Reporte Final, Bogotá.

6 ArcGIS is a system that allows the user to collect, organize, manage, analyze, and share geographic information (ESRI, 2015a).

7 CATIE (2013). Análisis de cambio de uso de la tierra (1992–2008) y formulación de escenarios de deforestación futura de los bosques de Panamá. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba.

MAP: ROUTE ALTERNATIVES ANALYZED FOR THE COLOMBIA – PANAMA ELECTRIC INTERCONNECTION



**Route 1: Comarca Embera Wounaan of Cemaco Terrestrial Route** (red on the map). It passes through the points ZABDIF and is the route proposed by ICP as of mid-2015, when our analysis was undertaken; it crosses an indigenous Embera territory and the Alto Darien Protected Forest. In total, this route would have a distance of 510 km, including the stretch in Colombia

**Route 2: Puerto Escocés-Comarca Guna Marine–Terrestrial Route** (light blue on the map). It passes through the points ZACDIF and enters Panamanian territory in Puerto Escocés; it crosses a Guna Yala and a Embera indigenous territory, as well as the Serrania del Darien Hydrological Reserve. This route would measure 505 km, including the stretch in Colombia.

**Route 3: Colón Marine–Terrestrial Route** (purple on the map). It passes through the points ZAEF and enters Panamanian territory near the city of Colón; it avoids the area of Darien and indigenous regions. In total, this route would cover a distance of 608 km, including the stretch in Colombia.

**Route 4: Mamitupu-Wargandi Marine–Terrestrial Route** (yellow on the map). It passes through the points ZAHIF and enters Panamanian territory near the town of Mamitupu; it avoids the Darien area, protected areas and border regions. However, it would cross two Guna Yala indigenous territories. In total, this route would measure 527 km, including the stretch in Colombia.

The following table summarizes the general characteristics of the routes analyzed. There is a clear tradeoff between financial construction costs and minimizing environmental, social, and national security risks.

TABLE: GENERAL CHARACTERISTICS OF THE ELECTRIC INTERCONNECTION ROUTES ANALYZED

ROUTE	ADDITIONAL DEFORESTATION 25 YEARS (HECTARES)	WEIGHTED RISK INDEX*	COST TO PANAMÁ** (MILLION USD)	MAIN CHARACTERISTICS
Comarca Embera Wounaan of Cemaco Terrestrial Route (Route 1)	10.029	63	217	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Route with the second highest overall weighted risk.</li> <li>■ Route with the highest national security risk.</li> <li>■ Route crosses one indigenous territory: comarca Emberá.</li> <li>■ The route does not assume the generation of a road parallel to the interconnection within the Alto Darien National Park. (Helicopter construction technique assumed).</li> <li>■ Route with the lowest financial construction cost.</li> </ul>
Puerto Escocés-Comarca Guna Marine-Terrestrial Route (Route 2)	11.721	67	257	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Route with the highest overall weighted risk.</li> <li>■ Route with the highest environmental and social risk.</li> <li>■ Route crosses two indigenous territories: one Guna Yala comarca and another Emberá comarca.</li> <li>■ Includes the generation of a road parallel to the interconnection from Puerto Escocés to a point north of the city of Santa Fé, where it links to the existing road network.</li> <li>■ Route with the second lowest financial construction cost.</li> </ul>
Colón Marine-Terrestrial Route (Route 3)	1.597	12	458	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Route with the lowest overall weighted risk as well as under each category: environmental, social and national security.</li> <li>■ Route with the longest marine section.</li> <li>■ Route does not cross any indigenous territory.</li> <li>■ Does not include the generation of a road parallel to the interconnection due to the high connectivity of the area.</li> <li>■ Route with the highest financial construction cost.</li> </ul>
Mamitupu-Wargandi Marine-Terrestrial Route (Route 4)	9.553	48	298	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Route with the second-lowest environmental and national security and overall weighted risk.</li> <li>■ The route avoids crossing terrestrial areas of biodiversity importance.</li> <li>■ The route would cross two indigenous territories: two Guna Yala comarcas.</li> <li>■ Includes the generation of a road parallel to the interconnection from Mamitupu until Cañazas, where it links to the existing road network.</li> <li>■ Route with the second highest financial construction cost.</li> </ul>

\* The weighted risk index is a comparative value and useful only as a comparison tool. It ranges from 0 to 100, where 0 represents the lowest risk and 100 the maximum. Social, environmental and national security risks have equal weights (33.3 % each).

\*\* Panama's cost is one-half the total construction cost.

Source: Compiled by authors.

Given the high rates of deforestation in Panama and their relation to the generation of new roads, all routes analyzed – except Route 3 – involve a significant increase in deforestation within the most continuous and least fragmented landscapes in southern Panama. Also, all alternatives—except Route 3—cross indigenous territories. Crossing indigenous territories is a significant additional risk as these areas have land tenure problems, are sacred to indigenous populations, and also have archaeological resources.

The Colon Marine-Terrestrial Route (Route 3) presents the lowest risk but has the highest financial construction cost, due to the length of the marine section. Comparing Route 3

to Route 1, the risk index is reduced by 81 percent, and deforestation by 84 %. Meanwhile, construction costs are more than double those of Route 1.

In terms of total weighted risk, the next best alternative is the Mamitupu-Wargandi Marine–Terrestrial Route (Route 4). This route, compared with the one proposed by ICP (Route 1), reduces the total weighted risk by 24% while adding 37 percent to construction costs. Although the difference in reducing deforestation between routes 4 and 1 is not large, Route 4 reduces environmental and security risks by avoiding border areas or protected areas. However, this route would cross two Guna Yala indigenous territories, potential archaeological zones, and areas sacred to indigenous people.

Routes 1 and 2 have the highest overall weighted risk index. In addition to risks associated with crossing through indigenous territories and areas of biodiversity importance, these routes involve a high risk to national security given their proximity to the border. According to Panama's Border Service (SENAFRONT, 2014)<sup>8</sup>, the interconnection project proposed by ICP (Route 1) has risks associated with the threat of attacks to transmission towers, and the creation of secondary or tertiary routes that can foster mobility of armed groups in the area. SENAFRONT also points to significant social conflicts in the area, including land-tenure disputes, due to the proximity to armed groups.

This study aims to support decision-making processes by presenting the risks and construction costs associated with different electric interconnection routes between Panama and Colombia. It is important to note that results presented here do not constitute a cost-benefit analysis of the overall economic merit of the interconnection project. However, the information in this study could be integrated into such an analysis, informing the calculation of costs associated with project impacts and mitigation measures.

---

**8** Servicio Nacional de Fronteras (2014). Creación y equipamiento táctico individual de compañías de alto valor. Ciudad de Panamá.





Introducción



En esta sección del reporte primero se describen el objetivo y los antecedentes del “Análisis Comparativo de Costos Financieros y Riesgos Socio-ambientales de distintas rutas para la Interconexión Eléctrica Colombia–Panamá”. Luego, se exponen las generalidades del proyecto de interconexión, así como el contexto social y ambiental de la zona de influencia del proyecto.

## Objetivo

El 23 de enero de 2015, Conservation Strategy Fund (CSF) fue contratado en calidad de consultor para realizar el estudio denominado: “Análisis Comparativo de Costos Financieros y Riesgos Socio-ambientales de distintas rutas para la Interconexión Eléctrica Colombia–Panamá” (ANAM Contrato 003-2015). De acuerdo al contrato, el objetivo de la consultoría fue brindar información concisa que apoyara la toma oportuna de decisión, al más alto nivel, sobre el proyecto de interconexión eléctrica entre Panamá y Colombia. Asimismo, los objetivos específicos de la consultoría fueron:

- Identificar los riesgos sociales y ambientales de las distintas rutas propuestas.
- Diseñar una metodología que permita identificar una ruta que, de manera costo efectiva, minimice los riesgos sociales y ambientales.
- Evaluar el riesgo ambiental, social y económico de las distintas opciones terrestres y marina con base en un análisis multicriterio.
- Estimar los costos financieros de la inversión y los costos económicos asociados a algunas externalidades que se pueden cuantificar durante el periodo de análisis, en base a información secundaria.
- Evaluar los costos financieros y riesgos socio-ambientales de una alternativa marina, con base en información secundaria.

## Proyecto de Interconexión Eléctrica Colombia–Panamá (ICP)

El proyecto de Interconexión Eléctrica entre Panamá y Colombia fue planteado en 1998, y desde su inicio se propuso como un componente importante en el desarrollo e integración de la región. El proyecto fue concebido y propuesto dentro del marco de múltiples acuerdos políticos, entre los cuales se encontraban: el Plan Puebla- Panamá, la Iniciativa de las Américas y otros que promueven la integración regional. La interconexión tiene como objetivo servir de enlace entre los mercados de Centroamérica y la Región Andina, y además, constituirse en una oportunidad de negocio para Colombia, aumentando sus exportaciones, y para Panamá, al atender parte de su demanda energética a precios menores, respecto sus costos actuales de producción de energía (Consultoría Colombiana, 2005).

En teoría, la interconexión eléctrica permitiría optimizar el uso de los recursos energéticos de la región, lo que representaría beneficios económicos, en términos de ahorro al consumidor final de electricidad, y mayor rentabilidad para algunos proyectos de generación eléctrica. Sin embargo, para que esto se cumpla, es necesario un mercado de electricidad cuya estructura permita la distribución de estos beneficios, tanto a los consumidores como a los generadores de energía eléctrica. Por ende, para determinar la viabilidad financiera



y económica del proyecto, se necesita hacer un análisis de los beneficios, y también de los costos, para distintos actores. Aclaramos que esto va más allá del presente estudio, pues no analizamos ni los beneficios del proyecto ni la distribución de los mismos; únicamente analizamos los costos y los riesgos asociados de cada alternativa de interconexión. En tal sentido, este es un análisis de costo efectividad, y no de costo-beneficio: no se determinó si el proyecto de interconexión es beneficioso para Panamá, sino cuáles serían las mejores alternativas de ruta, en términos de riesgo y costo financiero de cada una de ellas.

Para la ejecución del proyecto, en abril de 2009 se creó la empresa Interconexión Eléctrica Colombia–Panamá (ICP), como una compañía binacional cuyo objetivo es viabilizar, diseñar, construir y operar la línea de interconexión eléctrica entre ambos países. El 50% de las acciones de ICP corresponden a la Empresa de Transmisión Eléctrica (ETESA) de Panamá, y el restante 50%, a la empresa Interconexión Eléctrica S.A. (ISA) de Colombia (ICP, 2009). Este consorcio lleva casi diez años realizando estudios acerca de los diversos aspectos económicos, financieros, técnicos, ambientales, sociales y culturales inherentes al proyecto. Dichos estudios sirvieron de base para el análisis comparativo que aquí se plantea. En la reunión efectuada el 9 de febrero de 2015, ICP indicó que el apoyo principal para los estudios han sido provistos por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), por lo que asegura que sus estándares se han aplicado durante el desarrollo de los mismos. A lo largo de este significativo periodo, la empresa ICP ha producido información cuantiosa sobre ingeniería básica, estudios ambientales y viabilidad económica y financiera.

Actualmente, el proyecto de interconexión contempla una línea de transmisión eléctrica desde la subestación Panamá II (Provincia de Panamá) hasta la subestación Cerromatoso (Córdoba, Colombia), atravesando –en base a la última propuesta entregada por ICP al Ministerio de Ambiente– una sección del Darién y del Corredor Biológico Mesoamericano. El recorrido aproximado de la línea sería de 600 kilómetros<sup>9</sup>, y el proyecto prevé la utilización de la tecnología de transmisión de energía en corriente directa (HVDC, por sus siglas en inglés) (Consultoría Colombiana, 2005). De acuerdo a Consultoría Colombiana (2005), esta es la tecnología más eficiente y con menor costo de mantenimiento, considerando las características típicas de gran longitud y no sincronismo requerido de los sistemas.

Al igual que con otros proyectos propuestos en la zona del Darién panameño, la interconexión eléctrica genera preocupaciones de diversa índole. La zona limítrofe entre Colombia y Panamá se caracteriza por poseer áreas de Reserva Forestal Protectora, Parques Naturales Nacionales, Resguardos Indígenas y Territorios Colectivos de comunidades indígenas.

Desde la perspectiva ambiental, la ruta terrestre planteada por ICP atraviesa el corredor biológico mesoamericano, lo cual preocupa a las autoridades ambientales, pues aunque se utilicen las técnicas menos invasivas posibles, el proyecto puede tener un impacto sobre las especies únicas que habitan los ecosistemas darienitas, especialmente aquellos cuyo rango de distribución se circunscribe a la serranía del Darién y al Cerro Tacarcuna. Igualmente, hay incertidumbre respecto a la factibilidad de las operaciones helicoportadas de instalación y mantenimiento de la línea, a causa de ecosistemas de alta pluviosidad y pendiente, que podrían generar incluso una mayor intervención futura dentro de áreas sensibles a la intervención humana, como es el Darién panameño (ANAM, 2015). Asimismo, es posible que se exacerbén procesos de deforestación que ya se están dando entre la Comarca Guna de Wargandí y la Comarca Emberá de Cémaco, toda vez que el proyecto brindará acceso a áreas previamente aisladas y que cuentan con una presencia precaria de

---

<sup>9</sup> De acuerdo al nuevo trazado por el Golfo de Urabá, facilitado por ICP (shapefile), el nuevo trazado es de 510 km.

las autoridades ambientales y policiales. De darse estos procesos, no solo existe el riesgo de incremento de la deforestación, sino que se podría propiciar el rompimiento definitivo del corredor biológico mesoamericano en el tramo que conecta Centro y Sudamérica.

Desde el punto de vista cultural, la ruta propuesta por ICP atraviesa la Comarca Emberá Wounan de Cémaco, que, según ICP, se ha mostrado dispuesta a aprobar la construcción de la línea de transmisión en su territorio. Sin embargo, de acuerdo a reuniones sostenidas con distintas entidades de gobierno, esta disposición no necesariamente es estable ni representativa, debido a la poca claridad del proceso de negociación con la comunidad, la escasa inclusión de las autoridades panameñas en el proceso, y los problemas de estabilidad y representatividad de dicha comarca.

Desde el punto de vista de seguridad nacional, y de acuerdo a SENAFRONT, en la zona existen conflictos sociales importantes por la cercanía con grupos armados, lo cual además genera conflictos de tenencia de tierra. En específico, según SENAFRONT, el proyecto de interconexión tendría riesgos asociados a la amenaza de atentados contra las torres de transmisión, y a la creación de rutas secundarias o terciarias que pueden propiciar la movilidad de los grupos armados en la zona.

Ya que el gobierno colombiano aprobó el tramo de su país, el cual contempla en su parte final un trayecto submarino que cruza el golfo de Urabá, se ha abierto la posibilidad de considerar diferentes rutas marinas que podrían evitar cruzar la zona del Darién, minimizando algunos impactos significativos de la interconexión. Sin embargo, la mayoría de estas rutas submarinas tendrían que pasar por la Comarca Guna Yala, donde la comunidad y sus representantes se han mostrado reacios a aceptar que el proyecto atravesase su territorio. Por lo tanto: i) ICP tiene una restricción fuerte sobre las posibles rutas que puede tomar la interconexión; ii) todas las rutas consideradas hasta el momento son terrestres y atraviesan obligatoriamente la frontera territorial colombo-panameña (ANAM, 2015).



Metodología



En esta sección se describe la metodología utilizada para comparar distintas alternativas de rutas de interconexión, en términos de los riesgos y los costos financieros. En la primera parte, se describen los componentes y modelos utilizados para realizar el Análisis Multicriterio. Luego, en la segunda parte, se describen los componentes del análisis financiero.

## Análisis Multicriterio

El objetivo del Análisis Multicriterio fue determinar cuál sería la ruta que implicaría menos afectación social, ambiental, y de seguridad nacional, dada la susceptibilidad o riesgo de impacto de los criterios y las preferencias de los tomadores de decisión. El primer paso para lograr esto fue definir los riesgos y su ubicación geográfica (2.1.1 Mapa de riesgos). El segundo fue definir la importancia relativa de cada uno de los criterios dentro de los subobjetivos (2.1.2 Ponderación del riesgo). El tercer paso consistió en determinar las rutas a considerar en el análisis (2.1.3 Definición de rutas). El cuarto paso fue proyectar la deforestación por ruta (2.1.4 Deforestación). Y el último paso fue definir el impacto de cada ruta (2.1.5 Riesgos por ruta), a partir de la información generada en los cuatro pasos previos.

El Análisis Multicriterio es un conjunto de herramientas o técnicas que se han desarrollado extensivamente en los últimos años (Brown *et al.*, 2001; Villa *et al.*, 2002; Moffett & Sarkar, 2006), y se define como la evaluación de un conjunto de alternativas basada en múltiples criterios, donde estos son cuantificables en la medida en que demuestren el cumplimiento de los objetivos de la decisión que se está evaluando (Malczewski, 1999; Wood & Dragicevic, 2007).

La integración de sistemas de información geográfica con el Análisis Multicriterio ha potenciado su alcance y utilidad. Ha sido utilizado, amplia e históricamente, en la planificación de uso de la tierra y del mar (Malczewski *et al.*, 1997; Brown *et al.*, 2001; Geneletti & Duren, 2008), como también en la facilitación de toma de decisiones gubernamentales (Department for Communities and Local Government, 2009), por citar un par de ejemplos. Las principales ventajas de esta metodología de análisis son:

- La capacidad para agregar diferentes tipos de criterios de una manera sencilla, ya que facilita la integración de aspectos económicos, ambientales, políticos y sociales.
- La asignación ordinal de diferentes susceptibilidades o riesgos de afectación a los criterios que se ajusten al contexto del estudio y a las preferencias de los tomadores de decisión (Wood & Dragicevic, 2007).

Considerando lo anterior, y con la información geográfica disponible, el Análisis Multicriterio se muestra como una excelente metodología para el presente estudio, debido a que permite evaluar y cuantificar las amenazas ambientales, sociales y de seguridad nacional de las diferentes alternativas de la interconexión entre Panamá y Colombia. Además, esta metodología toma en cuenta el riesgo relativo que tienen los distintos criterios de ser afectados, dada la diferente susceptibilidad de cada uno.

## Mapa de riesgos: objetivos, subobjetivos y criterios

Como mencionamos, el objetivo del Análisis Multicriterio fue determinar cuál sería la ruta que tendría menos afectación social, ambiental y de seguridad nacional, dada la susceptibilidad o riesgo de afectación de los criterios y las preferencias de los tomadores de decisión. Los subobjetivos del análisis, que permiten estructurarlo adecuadamente, se definieron en reuniones con el Ministerio de Ambiente y otros actores relevantes<sup>10</sup> para el proyecto de interconexión. Dentro de cada subobjetivo, se especificaron diferentes criterios que permitan describirlo y medirlo a través de distintos indicadores. La selección de criterios se realizó en base a la información geográfica disponible.

Una vez definidos los subobjetivos y seleccionado los criterios adecuados, se procedió a generar el Mapa de Riesgos Sociales y el Mapa de Riesgos a la Biodiversidad, los cuales reflejan toda la información obtenida, enmarcada en el objetivo del análisis. No se generó un mapa de riesgo a la seguridad nacional, solamente se analizó en la sección de ponderación de riesgo; sin embargo, este mapa puede ser generado a partir de información que las autoridades proporcionen.

La selección de criterios que permitieran representar adecuadamente los subobjetivos se realizó tomando en cuenta que deben ser atributos medibles, de tal manera que fuera posible describir cómo el criterio se vería afectado frente a cada una de las opciones. Consecuentemente, cada uno de los criterios escogidos tiene un indicador que permite medir esta afectación. Por ejemplo, en el caso de la construcción de estructuras para tender cables de alta tensión, la afectación ambiental se describió utilizando las áreas protegidas como un criterio, el cual fue medido a través del indicador: cantidad de km<sup>2</sup> de áreas protegidas afectadas.

## Ponderación del riesgo

Cada criterio está sujeto a un nivel diferente de riesgo de ser afectado por la construcción de la interconexión. La ponderación del riesgo se realizó con un panel de expertos en las áreas que corresponden a los distintos subobjetivos. Todos los participantes realizaron una valoración individual en su área de experticia, y luego se efectuó una discusión abierta para generar una ponderación grupal. Las ponderaciones se realizaron por pares, es decir, cada uno analizó cuán más riesgoso era un criterio de ser afectado con la construcción de la interconexión en comparación a otro, para cada par de alternativas posibles dentro de cada uno de los subobjetivos (ver el Anexo 1 para más detalle). Esta ponderación no tomó en cuenta el trazado de las rutas de interconexión; cada criterio se pondera asumiendo que el trazado pasa por encima del mismo.

Finalmente, se armaron las matrices de ponderación por pares y se obtuvo luego un vector de pesos para los criterios dentro de cada subobjetivo, utilizando el método establecido por otros estudios que buscan generar el mismo tipo de ponderación (Ananda & Herath, 2009; Malczewski, 1999; Moffett & Sarkar, 2006; Villa *et al.*, 2002). Es importante mencionar que la ponderación de criterios se hace dentro de cada subobjetivo; no se ponderó el peso que tienen los subobjetivos entre sí, puesto que eso corresponde a un paso posterior en el Análisis Multicriterio, relacionado con las preferencias de los tomadores de decisión, y no con el panel de expertos.

---

**10** Para el estudio se mantuvieron varias reuniones con el Ministerio de Ambiente, Ministerio de Energía, ETESA, ICP y SENAFRONT, las cuales permitieron definir las preocupaciones y prioridades expresadas por los distintos actores relevantes para el gobierno de Panamá, y además se pudo determinar la disponibilidad de información que está georreferenciada, para lograr seleccionar los subobjetivos, criterios e indicadores.

En total asistieron 19 personas, seleccionadas por su experticia. Algunas de ellas contaban con experiencia en varios campos, por lo que se ubicaron voluntariamente en un área de experiencia concreta. En la Tabla 1 se puede ver la distribución de expertos de acuerdo a los diferentes subobjetivos. El taller de ponderación tuvo una duración de cinco horas, aproximadamente. A cada uno de los participantes se le proporcionó la lista de criterios, con sus respectivas descripciones y las de los indicadores. Además, cada mesa de discusión tenía cuatro mapas, donde se podía apreciar la ubicación, en el área de estudio, de los criterios.

TABLA 1: DISTRIBUCIÓN DE EXPERTOS EN MESAS DE PONDERACIÓN

SUBOBJETIVO	CANTIDAD DE EXPERTOS	CANTIDAD DE CRITERIOS PONDERADOS
Minimizar la afectación a la biodiversidad terrestre y marina.	11	12
Minimizar la incidencia de la interconexión a comunidades indígenas.	4	6
Minimizar la incidencia del proyecto sobre la seguridad nacional.	4	2

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 2 se encuentra detallada la escala con la cual se midió la importancia relativa por pares.

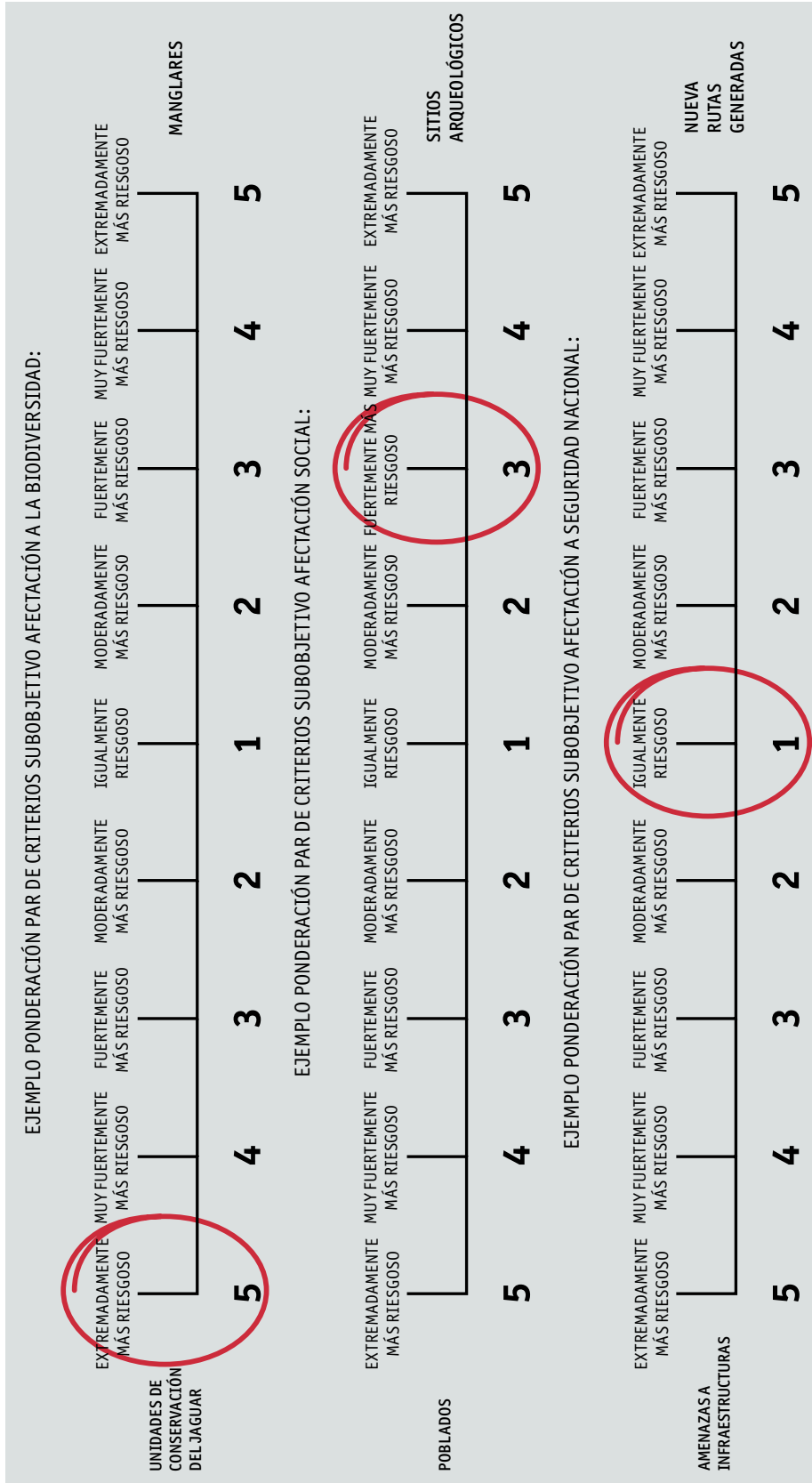
TABLA 2: ESCALAS DE IMPORTANCIA DEL RIESGO PARA ASIGNAR PESOS

ESCALA	CANTIDAD DE EXPERTOS
Igualmente riesgoso	1
Moderadamente más riesgoso	2
Fuertemente más riesgoso	3
Muy fuertemente más riesgoso	4
Extremadamente más riesgoso	5

Fuente: Elaboración propia.

La ponderación se realizó utilizando un formato que permitía relacionar cada par de criterios, como se puede ver en la Figura 1.

FIGURA 1: EJEMPLOS DE FORMATOS DE PONDERACIÓN POR PARES

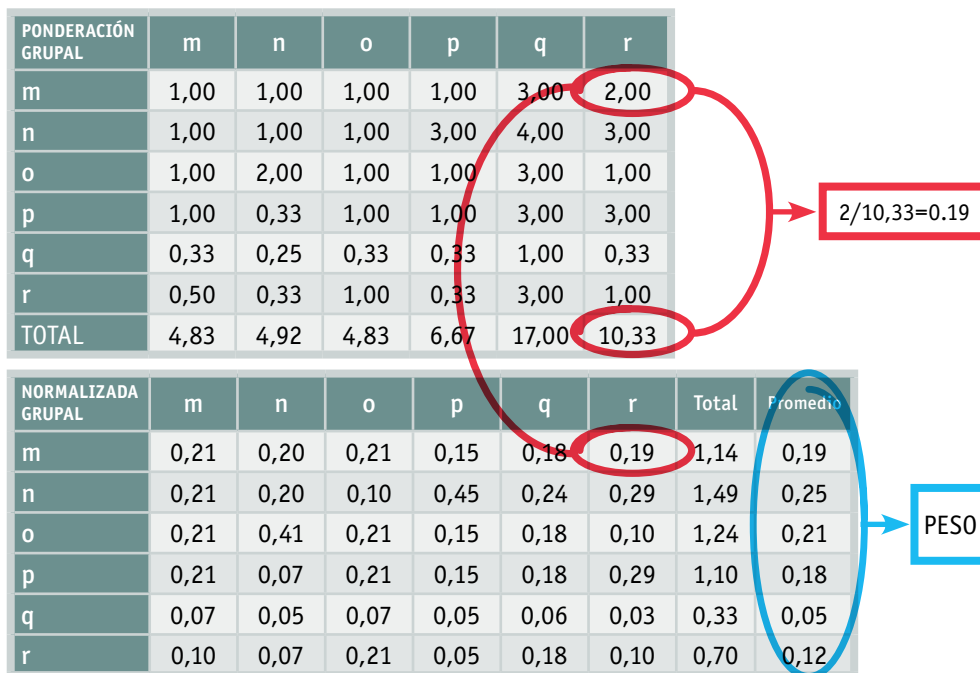


Fuente: Elaboración propia.

El primer ejemplo de la Figura 1 nos dice que el experto en la mesa de afectaciones a la biodiversidad considera que la construcción de la interconexión es extremadamente más riesgosa para las unidades de conservación del jaguar que para el ecosistema manglar. El segundo ejemplo nos dice que el experto en la mesa de afectaciones sociales considera que la construcción de la interconexión es fuertemente más riesgosa para los sitios arqueológicos en comparación con el riesgo que representa para los poblados. Finalmente, el tercer ejemplo nos dice que el experto considera que, con la construcción de la interconexión, el riesgo de ataques a la infraestructura es igual al riesgo de los nuevos caminos secundarios que se generarían.

Con las valoraciones individuales se obtuvo una calificación promedio, la cual se resumió en una matriz para cada subobjetivo (Anexo 2). Asimismo, con las ponderaciones grupales se creó otras matrices para cada uno de los subobjetivos (Anexo 2). Con estas matrices se procedió a generar un único valor de ponderación para cada una de los criterios dentro de cada subobjetivo. La generación de dichos valores se hace normalizando las matrices y generando un vector de pesos normalizado. Por ejemplo, si tomamos la matriz de ponderación bajo el subobjetivo de afectación a comunidades indígenas, el primer paso fue totalizar las columnas, dividir cada uno de los valores de la matriz para el total de la columna y así obtener los valores normalizados de la matriz, como se puede ver en la Figura 2. Por último, se obtuvo un promedio de las filas de la matriz normalizada, el cual fue el vector de pesos para el subobjetivo mencionado.

FIGURA 2: EJEMPLO DE NORMALIZACIÓN DE LAS MATRICES DE PONDERACIÓN



Fuente: Elaboración propia.

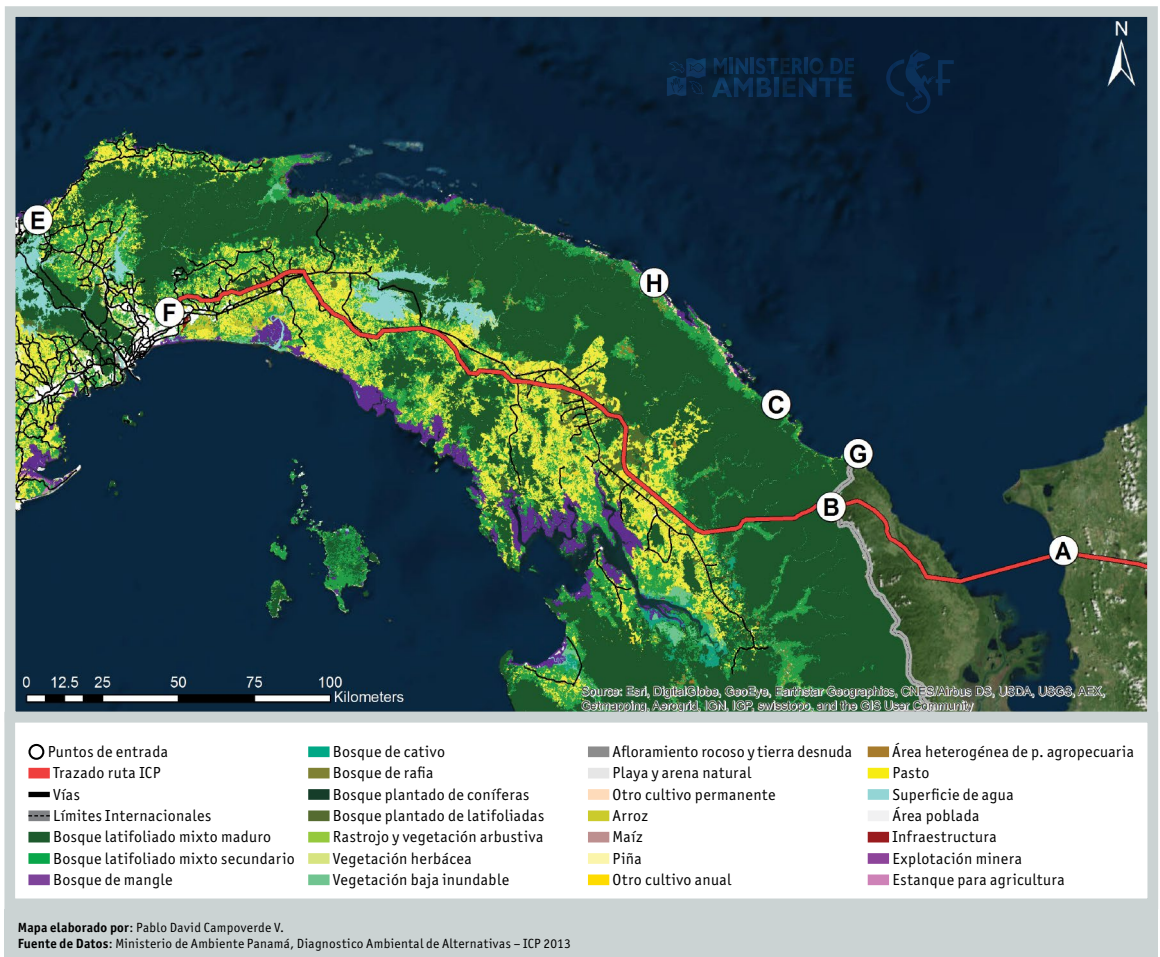
Dado que existe una gran cantidad de comparaciones por pares, cada uno de los valores fue sometido a un análisis de consistencia. Este análisis corrobora que los pesos utilizados sean consistentes.



## Definición de rutas alternativas

El primer paso para definir rutas alternativas fue buscar puntos de entrada a Panamá que evitaran cruzar el Darién panameño, dado que en esta zona confluyen todos los riesgos identificados. Se asumió como punto de partida, en territorio colombiano, el punto establecido en el trazado actual de ICP en Colombia, en el golfo de Urabá. En base a reuniones con expertos del Ministerio del Ambiente y distintos tomadores de decisión, se utilizaron los puntos de entrada marítimos G, C, E y H (Mapa 1) para trazar cuatro posibles rutas de interconexión hasta la torre eléctrica más cercana en la interconexión terrestre propuesta por ICP. El punto A se refiere al punto de salida marítima desde Colombia, en el golfo de Urabá, y el punto B señala el lugar de entrada a la República de Panamá, del trazado realizado por ICP (línea roja).

MAPA 1: PUNTOS DE ENTRADA PARA LA GENERACIÓN DE RUTAS PARA LA INTERCONEXIÓN



A continuación, una breve descripción de los puntos de entrada marítimos seleccionados:

- El punto de entrada G, ubicado sobre Puerto Obaldía, fue seleccionado porque es el más cercano, en Panamá, que evita pasar a través de la frontera terrestre, lo cual era deseable, ya que permitía disminuir la cantidad de caminos generados en la zona fronteriza, mejorando el aspecto de seguridad nacional.

- El punto de entrada C, ubicado sobre Puerto Escocés, se seleccionó por su proximidad a una zona altamente deforestada, lo que permitiría minimizar la afectación a la biodiversidad, pues evitaría pasar por el bosque protector alto Darién y atravesar la zona fronteriza, mejorando el aspecto de seguridad nacional.
- El punto de entrada E, ubicado cerca de la ciudad de Colón, se escogió porque permitiría evitar el impacto a la biodiversidad del Darién panameño, sin atravesar la zona fronteriza ni territorios pertenecientes a comunidades indígenas de Panamá, minimizando adicionalmente el impacto social.
- El punto de entrada H, ubicado cerca del poblado de Mamitupu, fue escogido porque permite evitar el impacto sobre la biodiversidad del Darién panameño y, además, evitar áreas protegidas, zonas de frontera y la Comarca Emberá.

En base a estos puntos, se utilizaron distintas metodologías para seleccionar una ruta específica que minimice los riesgos, tanto en la zona terrestre como en la marítima. En las siguientes dos secciones, se describen las metodologías respectivas que se emplearon para definir la ruta terrestre y el trazado marítimo de las alternativas.

## Trazado de rutas de interconexión: terrestre

La herramienta “ruta de coste” (*Least Cost Path*), disponible en ArcGIS<sup>11</sup>, se utiliza para calcular, como su nombre indica, la ruta de menor coste desde un origen a su destino. La ruta de menor coste requiere la ejecución previa de las herramientas de coste ponderado (distancia de coste y vínculo de menor coste), las cuales generan los rásteres<sup>12</sup> de distancia de coste y de vínculo de entrada que son obligatorios para la creación de la ruta de coste (ver información sobre esta herramienta en el manual de ayuda de ArcGIS<sup>13</sup>). Esta metodología permite definir diversas variables como costo, incluyendo características deseadas en la definición de las rutas, como, por ejemplo, evitar áreas protegidas o zonas de carácter sagrado para las comunidades.

Para el trazado de las posibles rutas de interconexión se usaron las siguientes capas de ponderación: uso del suelo del año 2012, pendiente en grados y red vial. También se incluyeron variables socio-ambientales restrictivas, identificadas como criterios para estos subobjetivos (ver sección resultados 3.1.1). Las variables (criterios) incluidas fueron: áreas priorizadas de biodiversidad, áreas protegidas, territorios étnicos, territorios étnicos de carácter sagrado cultural. Estas variables determinaron la trayectoria de los trazados de la interconexión, y se escogieron por dos razones: i) sus datos están georreferenciados como polígonos; ii) son variables relevantes para el análisis, ya que alteran la trayectoria de las rutas. Otras variables (criterios) importantes que se usaron en el análisis de riesgo no fueron incorporadas para definir las rutas, porque la zona donde se realizaron los trazados no tenía información relevante para el modelo. Todas las capas fueron trabajadas en formato ráster, con resolución de 50 metros. Las diferentes categorías existentes en cada ráster fueron reclasificadas en una escala de 1 a 10 para efectos de comparación entre ellas, siendo que los valores menores reflejan una baja restricción para el trazado de las rutas, y los mayores, alta restricción.

**11** ArcGIS es un sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica (ESRI, 2015a).

**12** Un ráster consta de una matriz de celdas (o píxeles) organizadas en filas y columnas, en la que cada celda contiene un valor que representa información, como la temperatura (ESRI, 2015b).

**13** <http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#//009z00000019000000>

En las tablas A3.1 y A3.2, del Anexo 3, se muestran los valores de reclasificación de las capas de uso del suelo y pendiente, respectivamente. En el caso de red vial, se calculó la distancia desde cada pixel en el área de estudio hasta la vía más cercana (en metros), y los valores resultantes fueron reclasificados conforme a las categorías mencionadas anteriormente (Anexo 3: Tabla A3.3).

Todas las áreas pertenecientes a las variables socio-ambientales fueron agrupadas, convertidas a formato ráster, y se les asignó un valor de 9 en la escala de 1 a 10, considerando que estas áreas deben ser evitadas en el trazado de las rutas.

Después de reclasificar los rústers de uso del suelo, pendiente, distancia a vías y variables socio-ambientales, a la escala de 1 a 10, se asignaron valores de ponderación para cada ráster. Para el trazado de las rutas originadas en los puntos G, C, y H, los valores de ponderación asignados fueron: uso del suelo (20%), pendiente (10%), distancia a vías (10%) y todas las áreas restringidas (60%). A este último ráster se le asignó un peso más alto, tomando en cuenta que este tipo de áreas predominan en los puntos de entrada G y C. Un bajo peso de 10% se le asignó al ráster distancia a vías, debido a que no existe una red vial en esta zona.

Para el trazado de la ruta originada en el punto E, se asignaron los siguientes pesos: uso del suelo (20%), pendiente (10%), distancia a vías (30%) y todas las áreas restringidas (40%). En este caso, se incrementó el peso del ráster distancia a vías, considerando que existe una extensa red vial en la zona de influencia donde se generó el trazado a partir del punto de entrada E.

La determinación de pesos para cada ráster se realizó haciendo un análisis de sensibilidad, corriendo diferentes modelos y estableciendo la mejor asignación de pesos para cada contexto. Una vez asignados los pesos para cada ráster, se calcularon los rústers distancia de coste, vínculo de menor coste y, finalmente, las rutas de menor coste. Este proceso se realizó en la aplicación “ModelBuilder”, disponible en ArcGIS, la cual permite crear, editar y administrar modelos, encadenando varias herramientas de geoprocetamiento, que en nuestro caso son las herramientas de rutas de menor coste.

## Trazado de rutas de interconexión: marino

Para la determinación de los trazados marinos se consideraron tres restricciones: 1) no cruzar un área especial de manejo ubicada sobre el golfo de Urabá; 2) evitar, en lo posible, que el trazado se sobreponga a áreas de importancia de biodiversidad marina; 3) evitar zonas de importancia socioeconómica, relacionadas a la pesca o captura de langosta.

Tomando en cuenta estas restricciones, se escogió, para el trazado, una distancia promedio de la costa de, aproximadamente, 15 km, evitando arrecifes, zonas de captura de langosta, zonas de pesca, zonas con presencia de cetáceos, manatíes y tortugas. A excepción de las zonas de captura de langosta, la afectación al resto de los criterios se evitó al pasar los 140 metros de profundidad, que, en promedio, se alcanza a 10km de la costa. Para evitar las zonas de captura de langosta, fue necesario llegar hasta una profundidad de 400 metros, que, en promedio, se alcanza a 15 km de la costa.

Según reuniones mantenidas con ICP, y estudios realizados sobre la tecnología de cable extruido HVDC (Karlsdóttir, 2013), se pudo corroborar que, en términos técnicos y financieros, llegar a los 400 metros de profundidad no representaría un cambio significativo para ninguna de las categorías de costo de colocar el cable.

## Deforestación

Para identificar el riesgo por ruta en la zona terrestre, fue necesario diseñar una metodología con la que se pudiese estimar la deforestación total que se generaría a partir de cada ruta de interconexión. A fin de calcular el posible impacto de las distintas rutas de interconexión, se estimaron las vías que se generarían a partir de las nuevas rutas propuestas en este análisis, y del trazado de ICP. Considerando estas vías, se estimó la deforestación adicional, con base en el modelo econométrico Probit de deforestación, elaborado en 2013 por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y titulado “Análisis de cambio de uso de la tierra (1992–2008) y formulación de escenarios de deforestación futura de los bosques de Panamá” (CATIE, 2013).

Este tipo de modelos econométricos se han utilizado muchas veces para proyectar las tasas de deforestación a futuro (ver, por ejemplo, Jeuck *et al.*, 2014, para una síntesis de resultados). Los modelos econométricos tienen dos ventajas importantes. La primera es que la contribución de cada factor que explica la deforestación es estimada. Esto permite, además, hacer pruebas estadísticas para determinar si un factor está realmente relacionado con la deforestación, o si la relación es el resultado de un proceso aleatorio. La segunda ventaja es que la estimación de los efectos de los factores se hace simultáneamente; lo cual significa que el impacto estimado de cada una de las variables está condicionado a que hay otras variables generando deforestación simultáneamente.

Sin embargo, al igual que las otras estrategias de predicción, tiene algunas limitaciones. Primero, la forma funcional de la relación y la estimación del efecto que se asume entre un factor causante de la deforestación y la deforestación es estática. En este sentido, si por alguna razón esta relación o su forma funcional cambia en el tiempo, el modelo no lo va a poder captar. Segundo, las proyecciones no toman en cuenta estructuras espaciales del bosque que pueden afectar los niveles de deforestación.

La base de datos generada por el estudio CATIE (2013) consta de 636.577 registros correspondientes a áreas de bosque en Panamá en el año 2000. Nuevos valores de la variable distancias a vías secundarias fueron adicionados a esta base de datos, según las vías proyectadas por escenario. Posteriormente, se ejecutó la ecuación econométrica para obtener nuevas probabilidades de deforestación por escenario, debido a las nuevas vías incluidas.

### Proyección de nuevas vías

La herramienta ruta de menor coste (*Least Cost Path*) también fue utilizada para estimar futuras vías que podrían ser generadas a partir de la implantación de la interconexión eléctrica terrestre entre Colombia y Panamá, la cual incluye la construcción de 600 torres de energía. En este caso, las rutas de menor coste (nuevas vías) fueron estimadas de acuerdo a tres criterios:

- La distancia de cada torre hasta la vía existente más cercana.
- La distancia de cada torre hasta el poblado más cercano.
- La distancia de cada torre hasta el permiso de madera más cercano.

En síntesis, las rutas de menor coste de nuevas vías fueron estimadas desde cada torre seleccionada hasta la vía, poblado y permiso de madera más cercanos. Para las cuatro rutas de interconexión, el análisis se realizó con un *buffer* de 3 kilómetros de cada lado

de las torres de energía, considerando que esta sería el área de influencia directa de las torres a ser construidas<sup>14</sup>.

Algunas torres fueron excluidas del análisis, conforme a los siguientes supuestos:

- Torres ubicadas en áreas con pendiente mayor a 15 grados limitan la construcción de nuevas vías.
- Torres localizadas en áreas ya abiertas (pasto principalmente) no incentivan nuevas vías, por la inexistencia de bosque.
- Torres ubicadas a menos de 100 metros de una carretera o poblado no generan la construcción de una nueva vía.
- Torres localizadas a una distancia mayor de 3 kilómetros de una carretera, poblado o área de permiso de madera no tendrían impacto directo para la construcción de nuevas vías.

Para efectos de simulación de las nuevas vías que serían generadas por las rutas de interconexión eléctrica, se utilizó la herramienta ruta de menor coste (*Least Cost Path*). Los rásteres<sup>15</sup> uso del suelo del año 2012 y pendiente en grados fueron utilizados como variables de ponderación para definir el trazado de las nuevas vías<sup>16</sup>. Las categorías existentes en cada ráster fueron reclasificadas en una escala de 1 a 10, para efectos de ponderación y comparación, asumiendo que valores bajos representan menor limitación para la construcción de nuevas vías, y los valores altos, mayor limitación. Las tablas A4.4 y A4.5, del Anexo 4, muestran los valores de reclasificación de los rásteres uso del suelo y pendiente, respectivamente. En la generación de nuevas vías, se asignó un peso de 50% al ráster uso del suelo, y también 50% al ráster pendiente<sup>17</sup>.

En el análisis de generación de vías, la herramienta ruta de menor coste calcula la nueva vía desde un punto de origen (torres) hasta un punto de destino (poblado más cercano, vía más cercana y permiso de madera más cercano). La aplicación “ModelBuilder”, en ArcGIS, se utilizó para generar tres tipos de modelo: i) generación de nuevas vías cercanas a poblados; ii) generación de nuevas vías cercanas a carreteras existentes; y iii) generación de nuevas vías cercanas a permisos de madera. En el caso de poblados, se seleccionaron aquellos localizados dentro del *buffer* de 3 km a cada lado de las torres. En el caso de vías, se calculó la distancia de cada torre seleccionada a la vía existente más cercana en el *buffer* de 3 km. Para permisos de madera, se calculó la distancia de cada permiso a la torre eléctrica más cercana<sup>18</sup> en el *buffer* de 3 km.

Asimismo, para cada uno de los tres “ModelBuilder” (distancia a poblados, distancia a vías existentes y distancia a permisos de madera) fueron usados los mismos rásteres de

**14** En el Diagnóstico Ambiental y Social de Alternativas (DASA) para el proyecto de interconexión eléctrica Colombia–Panamá (ConCol & Worley Parsons, 2012) fijan 60 metros como el área de influencia directa (servidumbre) del proyecto a lo largo de la línea de interconexión. El área de influencia indirecta del proyecto es definida en 2 kilómetros. En este estudio se amplió el área de impacto derivado de la construcción de las torres eléctricas a 3 kilómetros de cada lado de la línea de interconexión, con base en la necesidad de construcción de carreteras temporales, patios de tendido y patios de acopio para apoyar la ejecución del proyecto.

**15** Resolución 50 metros.

**16** De acuerdo a previos estudios de deforestación y carreteras (Nepstad *et al.*, 2001; Pfaff, 1999; Vera-Díaz *et al.*, 2009; Vera-Díaz *et al.*, 2008), estas variables son determinantes para la construcción de nuevas carreteras.

**17** Este peso fue escogido después de realizar varias pruebas de sensibilidad, usando diferentes pesos en las dos variables.

**18** El mapa de permisos de madera es constituido por polígonos que representan las áreas donde existen permisos. Para ejecutar el análisis de ruta de menor coste, fue necesario calcular puntos medios y extremos en cada polígono, y a partir de estos puntos fue calculada la distancia a la torre eléctrica más cercana.

ponderación uso del suelo y pendiente, con igual influencia de pesos (ambos con 50%); también se estimaron los rásteres distancia de coste, vínculo de menor coste y, finalmente, las nuevas vías generadas por cada modelo.

Las nuevas vías secundarias, calculadas para cada una de las distintas alternativas de rutas de interconexión, fueron agregadas al mapa de red vial existente para proyectar la deforestación por ruta, usando el modelo de probabilidad de deforestación.

## Proyección de deforestación por ruta de interconexión

El modelo de deforestación probit para Panamá (CATIE, 2013) fue utilizado para evaluar las probabilidades adicionales de deforestación que serían generadas por la implantación de las rutas de interconexión definidas. El modelo probit incluye 48 variables independientes con sus respectivos estimadores. Para nuestra estimativa de probabilidades adicionales de deforestación, fue necesario substituir, en la base de datos del CATIE, los valores de la variable independiente “distancia euclidiana a carreteras secundarias” por los valores estimados de distancia euclidiana para los distintos escenarios de rutas de interconexión. Después de ejecutar el modelo probit para cada escenario, se obtuvo un valor  $z$ , el cual fue evaluado en la función de distribución normal estándar para obtener valores de probabilidades de deforestación.

La probabilidad de deforestación adicionada por las diferentes rutas de interconexión fue estimada comparando las probabilidades de cada escenario respecto a la probabilidad del escenario base (sin nuevas vías). Se calculó el valor de probabilidad adicionada de deforestación y el número de registros (*count*) por probabilidad. El número de registros fue multiplicado por el tamaño del pixel (100x100) para obtener el área total, y este resultado fue multiplicado por la probabilidad adicionada, obteniéndose el área que sería afectada, para medir los criterios que cuentan con ese indicador, el cual está expresado en km<sup>2</sup>. La deforestación a 25 años se obtuvo multiplicando la deforestación proyectada por 3,125 (25/8).

Adicionalmente, se estimó la deforestación que generaría el trazado de la interconexión y las servidumbres de paso, según la descripción encontrada en el DAA (2005) y DASA (2011). Es por ello que, para los tramos terrestres que tomaría la interconexión, se definió un *buffer* de 30 metros a cada lado del trazado, excepto para las zonas donde las rutas de interconexión atraviesan un área protegida (como el Bosque Protector Alto Darién y la Reserva Hidrológica Serranía del Darién). En áreas protegidas, estudios provistos por ICP establecen que se debe utilizar un método constructivo no convencional helicóptado, con la finalidad de minimizar la afectación que tendría la construcción de la interconexión (Consultoría Colombiana, 2011). En dichas áreas, el parámetro de afectación es de 60m x 60m para cada una de las torres que se encuentren en estas zonas. Asimismo, para las rutas a ser desarrolladas en áreas donde no existen carreteras con un *buffer* de 3 km, se estimó la deforestación ocasionada por la vía paralela que sería generada, tomando en cuenta un ancho de vía de 3 metros.

## Riesgos por rutas de interconexión

Para estimar el riesgo asociado a las distintas alternativas de rutas de interconexión, se procedió a definir cómo afecta cada ruta al indicador de cada uno de los criterios de riesgo (los criterios fueron seleccionados como parte de la metodología, y su importancia

se explica en la sección de resultados 3.1.1). Luego, este valor de afectación se multiplica por los pesos definidos según la metodología antes descrita, obteniéndose así una calificación por ruta y por criterio. Estos valores se estandarizan linealmente, de tal manera que todos los valores se encuentren bajo un mismo rango, y finalmente, se suman para formar una calificación de riesgo de afectación por subobjetivo, para cada una de las rutas planteadas.

La estandarización de todos los valores de afectación dados para cada indicador permite la comparabilidad entre los diferentes criterios. Este proceso se lo realiza para cada valor de afectación de cada uno de los criterios para cada una de las rutas, utilizando la siguiente fórmula:

$$V_s = (V_a - V_m) / (V_M - V_m) * \text{Rango}$$

Donde  $V_s$  es el valor de afectación estandarizado,  $V_a$  es el valor de afectación total,  $V_m$  y  $V_M$  son los valores mínimo y máximo, respectivamente, de afectación de ese criterio entre las diferentes rutas, y Rango se refiere al rango de valores que la estandarización tomará, en este caso, de 0 a 100.

## Análisis financiero de costos de construcción

En el análisis de costos financieros de construcción del proyecto se emplearon valores por km basados en bibliografía recopilada sobre proyectos de contexto y magnitud similar (ver Anexo 5); datos proporcionados por Andrés Villegas, Gerente General de ICP (comunicación personal, 2015), sobre costos detallados; e información recolectada durante reuniones con diferentes actores relacionados con el proyecto, como la Secretaría de Energía de Panamá y el Banco Interamericano de Desarrollo. Cabe recalcar que no fueron incluidos los costos de administración ni de mantenimiento.

A partir de esos datos, se calcularon los costos de construcción de cada una de las rutas, considerando los siguientes tres tipos de tramo:

- Terrestre–Regular: se refiere a la construcción estándar de líneas de tendido eléctrico, donde no es necesaria ninguna salvaguarda más allá del cumplimiento de las buenas prácticas requeridas.
- Terrestre–Bosque Protegido: se refiere a una construcción especial de líneas de tendido eléctrico, donde las torres tienen más altura para evitar las copas de los árboles, y además, según reuniones mantenidas con ICP y estudios previamente realizados (Consultoría Colombiana, 2005), el sistema constructivo es menos invasivo, causando menos deforestación, y no conlleva la creación de líneas de servidumbre.
- Marino: se refiere a un tendido eléctrico que pasa por el lecho marino, utilizando un cable extruido, comúnmente utilizado en la infraestructura de este tipo de proyectos.

En la Tabla 3, podemos ver los costos utilizados para las estimaciones.

TABLA 3: ESTIMACIONES DE COSTOS POR Km POR TIPO DE TRAMO

TRAMO	COSTO POR Km (MILLONES USD)
Terrestre-Regular	0,45 <sup>a</sup>
Terrestre-Bosque Protegido	0,8 <sup>b</sup>
Marino	1,7 <sup>c</sup>

Fuente: a y b, ICP (febrero de 2015); c, Hocker & Martin (2007) y Karlsdóttir (2013). De acuerdo a estos Hocker & Martin (2007) y Karlsdóttir (2013), los costos se mantienen relativamente constantes, al menos hasta los 400 metros de profundidad.

En el caso de los tramos terrestres, los valores usados incorporan los costos de:

- Bienes: cables conductor y de guarda, cable fibra óptica, estructuras, aisladores.
- Servicios: obra civil, montaje de torres, despeje y tendido de cables.
- Administración e ingeniería: gerencia, diseño, asesoramiento legal, ingeniería en campo, control de la obra, gestión ambiental, social y predial.
- Costo ambiental y social: plan de manejo ambiental y gestión social.
- Servidumbres: esto incluye los costos de gestión predial y compra de terrenos en sí.

En el caso de los cables marinos, el valor de costos estimado incorpora los valores de:

- Bienes: cables conductor y de guarda, cable fibra óptica, terminaciones y tubería articulada.
- Servicios: fosa de transición mar-tierra, tendido y pruebas de funcionamiento.

Es importante mencionar que no se utilizó un estimado exacto de los costos de ingeniería del trazado marino ni de los costos de las transiciones del tendido eléctrico de mar a tierra, ya que dependen mucho del tipo de terreno. Sin embargo, la aproximación realizada en base a Hocker & Martin (2007) y Karlsdóttir (2013) refleja un valor suficientemente consistente en comparación a proyectos similares<sup>19</sup>. Además, se debe señalar que el costo presentado abarca los valores necesarios de inversión para la construcción del proyecto de interconexión, sin considerar los costos de mantenimiento ni los costos de operación.

Estos valores permitirán establecer el costo diferencial de construcción y puesta en marcha de cada una de las rutas planteadas. El costo total de construcción de cada ruta requiere incluir también el valor de las subestaciones, las cuales se encuentran en los puntos de inicio y fin de la interconexión. Este valor, determinado por ICP (2014) en su análisis de costos de inversión, es de USD 140,5 millones, y no se altera para ninguna opción de ruta, puesto que los puntos extremos no cambian ni se generan más subestaciones en las diferentes rutas.

<sup>19</sup> Existen varios proyectos de tendido de cable de alta tensión submarino que manejan un valor similar por km: NorNed con un costo por km de USD 1,72 millones (ABB, 2007); y SylWin 1 con un costo por km de USD 2,1 millones (Prysmian, 2012).





Resultados



En esta sección se describen los resultados de los distintos componentes utilizados para comparar las alternativas de rutas de interconexión, en términos de los riesgos y los costos financieros (sin incorporar los riesgos) asociados a cada una de ellas. En la primera parte (3.1 Análisis Multicriterio), se exponen los resultados obtenidos para cada componente del análisis planteado. Luego, en la segunda parte (3.2 Análisis Financiero), se presentan los resultados del análisis realizado para cada una de las rutas propuestas en el estudio. Y en la última parte (3.3 Análisis Comparativo), se describen los resultados de la comparación de los riesgos con los costos financieros de cada una de las rutas.

## Análisis Multicriterio

El objetivo del Análisis Multicriterio es determinar cuál es la ruta que tiene menos afectación social, ambiental y de seguridad nacional, dados los diferentes riesgos de afectación de los criterios y las preferencias de los tomadores de decisión. Los resultados se presentan en el orden que se siguió para realizar el análisis. Primero, se identificaron los riesgos y su ubicación geográfica en la zona de estudio (3.1.1 Mapa de riesgo). Posteriormente, se definió la importancia relativa de cada uno de los riesgos (3.1.2 Ponderación del riesgo). En base a la información de riesgo y a los puntos de entrada seleccionados para las rutas alternativas (sección 2.1.3), se determinaron las rutas alternativas a considerar en el análisis (3.1.3 Definición de rutas). Luego, se proyectó la deforestación por ruta (3.1.4 Deforestación). Finalmente, se estimó el impacto de cada ruta en términos de riesgos (3.1.5 Riesgos por ruta).

De acuerdo con la metodología utilizada, se definieron los siguientes subobjetivos que permiten alcanzar el objetivo general del estudio:

- Minimizar la afectación a la biodiversidad, tanto terrestre como marina.
- Minimizar la incidencia de la interconexión en la población, que en su mayoría pertenece a comunidades indígenas.
- Minimizar la incidencia del proyecto sobre la seguridad nacional.

Es decir, estos subobjetivos se dividieron en categorías ambientales, sociales y de seguridad nacional, contribuyendo a describir la afectación total para cada alternativa de ruta de interconexión. La determinación del cumplimiento de estos subobjetivos se definió en base a los criterios que permitieron caracterizar, adecuada y congruentemente, la afectación, y al indicador que permite medir numéricamente dicha afectación. Los criterios e indicadores seleccionados se describen en la Tabla 4.

## Mapa de riesgo

Con la información recopilada para cada uno de los criterios, se presentan los mapas de riesgo generados para la afectación a la biodiversidad y para la incidencia en comunidades indígenas. No se generó un mapa de la seguridad nacional, únicamente se procedió a ponderar el riesgo. Los mapas presentados muestran las áreas que tienen un riesgo de ser afectadas, en mayor o menor medida, por las distintas alternativas de rutas. Se debe tomar en cuenta que, durante las reuniones y discusiones mantenidas con actores relevantes, surgieron solicitudes de incorporar otro tipo de información, como datos sobre riesgos

fitosanitarios o distribución de anfibios en el área de estudio. Sin embargo, no se encontró información georreferenciada que permitiera incorporar estos y otros criterios adicionales.

TABLA 4: CRITERIOS MAPA DE RIESGO

SUBOBJETIVOS	CRITERIOS	INDICADOR
Minimizar la afectación a la biodiversidad	Áreas importantes de aves	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados
	Áreas de biodiversidad priorizadas	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados
	Áreas protegidas	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados
	Unidades de conservación del jaguar	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados
	Corredores del jaguar	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados
	Áreas de manglares	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados
	Arrecifes	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados
	Zonas con presencia de cetáceos	Cantidad de puntos afectados
	Áreas de captura de langosta	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados
	Áreas con presencia de manatí o tortuga	Cantidad de puntos afectados
	Áreas de pesca de invertebrados	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados
Zonas de pesca	Cantidad de puntos afectados	
Minimizar la incidencia en comunidades indígenas	Territorios étnicos de carácter sagrado y cultural	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados
	Conflictos por tenencia de tierras	Cantidad de km <sup>2</sup> terrenos afectados
	Autonomía de comunidades indígenas	Cantidad de autorizaciones (número de comarcas)
	Poblados	Cantidad de poblados afectados
	Zonas con potencial arqueológico	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados
	Sitios arqueológicos	Cantidad de puntos afectados
Minimizar la incidencia en seguridad nacional	Protección de infraestructura	Inversión en seguridad (millones de USD)
	Nuevas rutas generadas	Cantidad de km de vías generadas

Nota: ver Anexo 6 para la descripción de cada uno de los criterios escogidos, la forma en que los indicadores fueron utilizados y las fuentes de información empleadas para todos ellos.

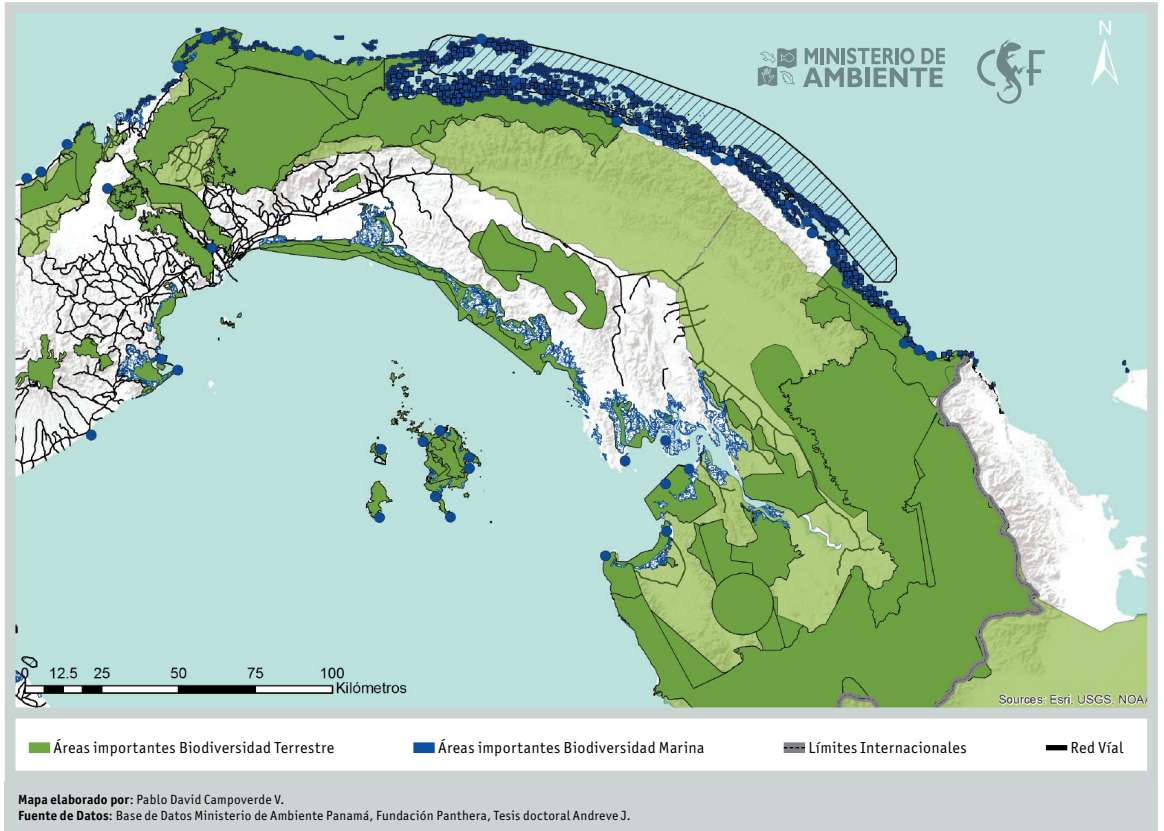
Fuente: Elaboración propia.

## Mapa de riesgos a la biodiversidad

En el Mapa 2 se aprecian los criterios que componen el Mapa de Riesgos a la Biodiversidad. A continuación, hacemos una descripción de la información que este ofrece. Para poder simplificar la visualización de los mapas de riesgo, los criterios relacionados con la biodiversidad terrestre se encuentran en diferentes tonalidades de color verde. Por su parte, los criterios relacionados con la biodiversidad marina se encuentran en azul<sup>20</sup>.

<sup>20</sup> Para un mapa detallado con la diferenciación por criterio, revisar el Anexo 6 (Mapa A6.1).

## MAPA 2: MAPA DE RIESGOS A LA BIODIVERSIDAD



El análisis de riesgo de afectación a la biodiversidad marina se basó en distintos criterios, visibles en el mapa correspondiente:

- *Arrecifes*: en total existen 4.097 puntos de arrecifes a lo largo de la costa, dentro de la zona de estudio. Su distribución es bastante homogénea a lo largo de la costa del Atlántico. Los datos de ubicación indican que el 85% de puntos de arrecifes se encuentran a menos de 100 metros de profundidad. En total, existen 86 puntos de arrecifes que se encuentran entre los 100 y 200 metros de profundidad.
- *Cetáceos*: existe información de dos lugares importantes de avistamiento de cetáceos, que se encuentran en la zona norte del área de estudio, cerca de Colón.
- *Manatí-tortuga*: hay 42 puntos en total que indican la presencia de estas especies, de los cuales, cuatro señalan existencia de manatíes, y los restantes 38, de tortugas. El 50% de los datos se encuentran en la costa atlántica, y la otra mitad, en la costa del Pacífico.
- *Langosta*: el área de captura de langosta es extensa, en total, este criterio abarca 2.200 km<sup>2</sup>, a lo largo de la costa de la Comarca Guna Yala.
- *Manglares*: en este criterio se han identificado un total de 585 áreas diferentes con presencia de manglar, que totalizan 803 km<sup>2</sup> en la zona de estudio (72 km<sup>2</sup> en la costa del Atlántico, y los restantes en la costa del Pacífico).

- *Pesca de invertebrados*: en la zona de estudio, la información muestra que existen 1.995 zonas de pesca de invertebrados, que cubren una extensión de 250 km<sup>2</sup>. Todas estas zonas de pesca se encuentran a lo largo de la zona de estudio.
- *Zonas de pesca*: todos los puntos que representan las zonas de pesca se encuentran a lo largo de la costa de la Comarca Guna Yala. En total, están definidos 379 puntos de pesca, divididos por el tipo de captura: línea o buceo.

Para el análisis de riesgo de afectación a la biodiversidad terrestre, en el mapa se muestran los siguientes criterios:

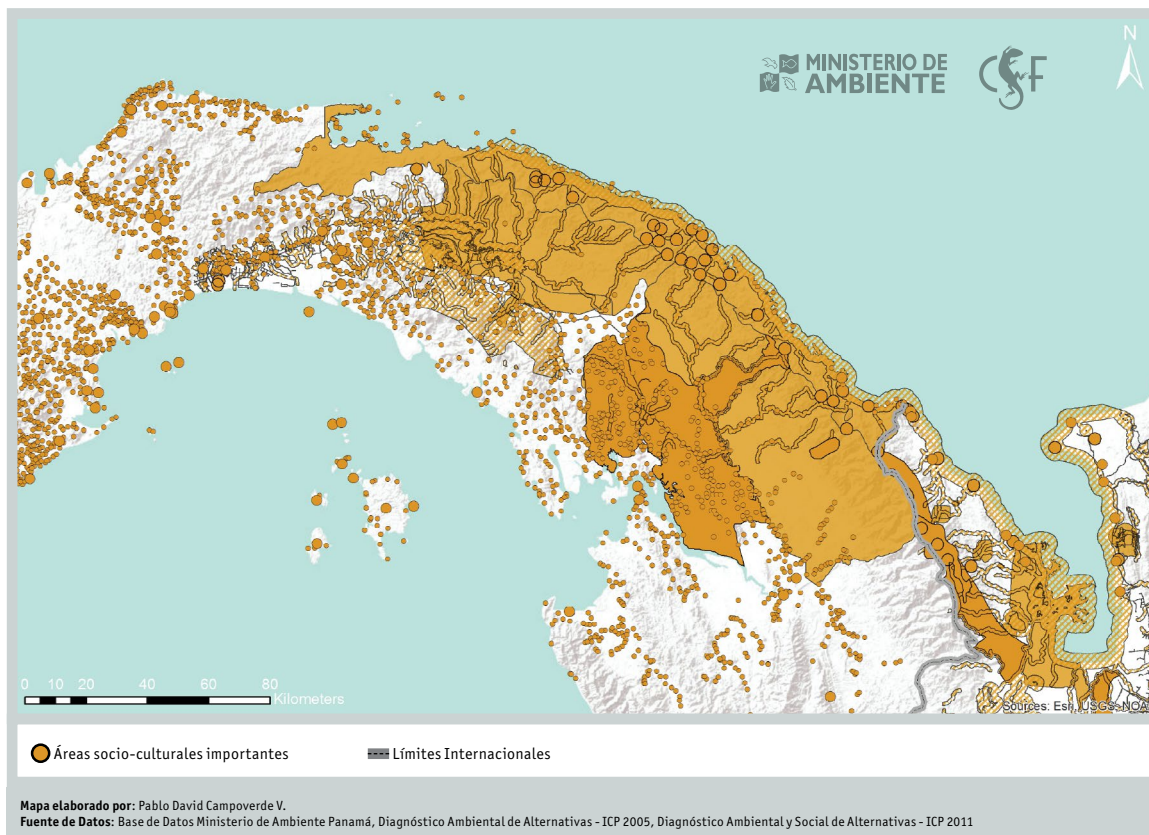
- *Unidades de conservación del jaguar*: en cuatro grandes áreas hay una cantidad variable y significativa de jaguares. En total, suman 24.885 km<sup>2</sup>, de los cuales, 17.000 km<sup>2</sup> pertenecen a una sola área ubicada a lo largo del Darién colombiano y panameño, que se extiende por el norte hasta cubrir el territorio de la Comarca Emberá.
- *Corredores del jaguar*: se han definido 17 diferentes corredores en la zona de estudio, que totalizan un área de 726 km<sup>2</sup>. Los tres corredores localizados en la zona norte del área de estudio, cerca de Colón, representan alrededor del 90% de la extensión total. Cabe recalcar que estos corredores son definidos por la Fundación Panthera, en base a zonas óptimas que interconectan las diferentes unidades de conservación a través de un modelo de rutas de menor costo.
- *Áreas protegidas*: el sistema nacional de áreas protegidas de Panamá tiene, en la zona de estudio, 28 áreas definidas, que abarcan un total de 14.000 km<sup>2</sup>. Las áreas más importantes, en términos de extensión, son: Parque Nacional Darién, Bosque Protector Alto Darién y Parque Nacional Chagres, que representan el 65% de las áreas protegidas en la zona de estudio.
- *Áreas de biodiversidad*: en total, existen 29 áreas de biodiversidad importantes para el gobierno de Panamá, que suman alrededor de 12.000 km<sup>2</sup>; las áreas localizadas en el Parque Nacional Darién y en el Parque Nacional Chagres representan la mitad de áreas de biodiversidad importantes en la zona de estudio.
- *Áreas de aves*: este criterio representa un área de alrededor de 11.000 km<sup>2</sup> de territorio, dividido en 28 diferentes zonificaciones, de las cuales, el área que se encuentra dentro del Parque Nacional Darién abarca 5.600 km<sup>2</sup>, es decir, la mitad del total de áreas de aves importantes para el gobierno de Panamá en la zona de estudio.

## Mapa de riesgos sociales

En el Mapa 3 se pueden ver los criterios que componen el Mapa de Riesgos Sociales. Al igual que en el mapa anterior, a fin de simplificar su visualización, se utilizan distintas tonalidades de naranja para destacar los criterios relacionados con la incidencia social<sup>21</sup>.

<sup>21</sup> Para un mapa detallado con la diferenciación por criterio, revisar el Anexo 6 (Mapa A6.2).

### MAPA 3: MAPA DE RIESGOS SOCIALES



Los criterios para el análisis de riesgos sociales, expuestos en el Mapa 3, son los siguientes:

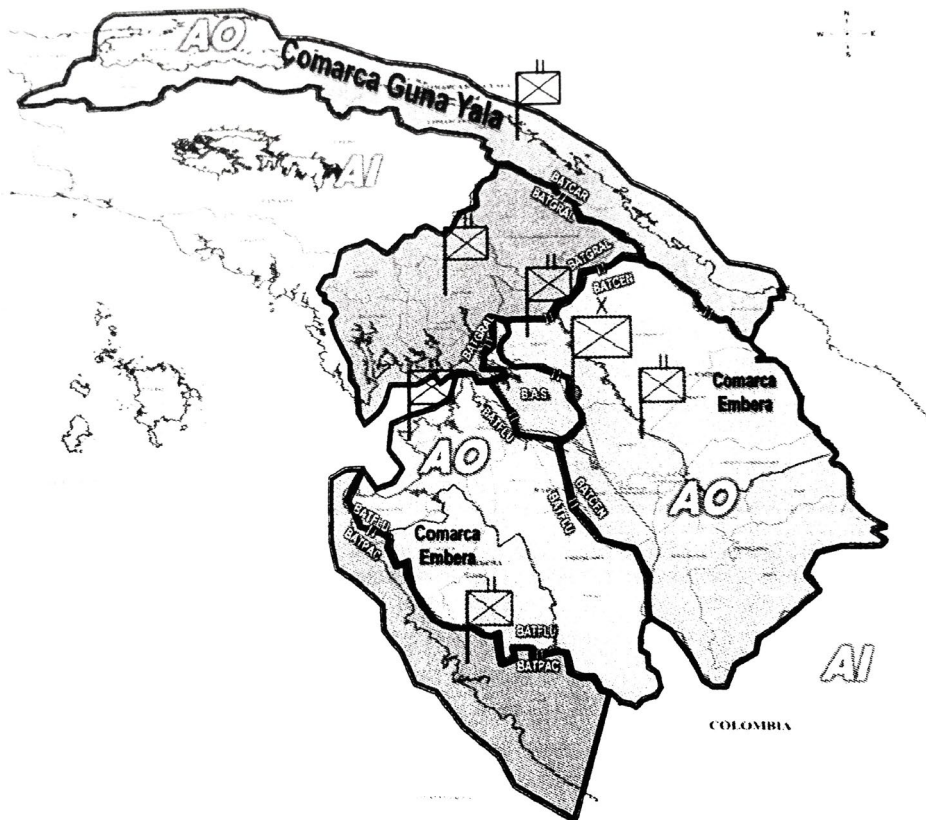
- *Territorios étnicos de carácter sagrado y cultural:* en total, representan alrededor de 800 km<sup>2</sup>, los cuales se encuentran a lo largo de todo el territorio Guna Yala, en algunas zonas pertenecientes a la Comarca Emberá–Cémaco.
- *Conflictos por tenencia de tierras:* existen 3.202 km<sup>2</sup> definidos bajo la clasificación de conflictos por tenencia de tierra; estas áreas se encuentran principalmente en la zona fronteriza colombo-panameña, y en las zonas que colindan, al oeste, con la Comarca Emberá.
- *Comunidades indígenas:* dos grandes pueblos indígenas están distribuidos en diversos territorios a lo largo del área de estudio: los Emberá y los Guna Yala. Estos tienen un rol importante en la definición de la ruta de la interconexión, pues se necesita su aprobación para pasar por su territorio.
- *Poblados:* en total, se han definido 2.962 poblados diferentes localizados a lo largo del área de estudio. De estos, 138 se encuentran en territorios étnicos pertenecientes a la Comarca Emberá y a la Comarca Guna Yala.
- *Sitios arqueológicos:* hay 88 sitios arqueológicos importantes, de los cuales, seis se diferencian por ser Conjuntos Monumentales Históricos, y tres son Monumentos Históricos Nacionales; estos se encuentran en la zona oeste del área de estudio, especialmente cerca de Ciudad de Panamá y de Colón.

- **Zonas con potencial arqueológico:** abarcan un total de 8.394 km<sup>2</sup>, y se han definido 1.169 zonas diferentes. Una concentración importante de estas zonas se ubica entre la Serranía del Maje y la Serranía de San Blas.

## Riesgos a la seguridad nacional

Los criterios que se consideraron para analizar el tema de seguridad nacional no se encuentran georreferenciados por el momento, ya que estarán ligados directamente a la opción que las rutas podrían tomar. La inversión en seguridad para la Ruta 1, planteada por ICP, fue analizada y determinada por el Servicio Nacional de Fronteras (2014), asumiendo la creación de tres compañías de alto valor por año, cada una con 50 personas. En el Mapa 4 se puede observar cómo cada compañía de alto nivel sería asignada a una zona diferente, donde se necesitaría incrementar el nivel de seguridad por la construcción de la interconexión. Para el caso de las otras rutas alternativas, se ha considerado cuántas de estas áreas se necesitaría cubrir con una compañía, dependiendo de la ubicación de las alternativas.

MAPA 4: UBICACIÓN DE COMPAÑÍAS DE ALTO VALOR PARA LA RUTA 1



Fuente y elaboración: Servicio Nacional de Fronteras, 2014.

## Ponderación del riesgo de afectación

Los resultados de la ponderación del riesgo, realizada con el panel de expertos, se muestran en la Tabla 5.

TABLA 5: PONDERACIÓN DE RIESGO POR CRITERIO

SUBOBJETIVOS	CRITERIOS	PONDERACIÓN DE RIESGO GRUPAL	PONDERACIÓN DE RIESGO PROMEDIO INDIVIDUAL
Minimizar la afectación a la biodiversidad	Corredores del jaguar	0,162	0,142
	Arrecifes	0,162	0,111
	Unidades de conservación del jaguar	0,160	0,134
	Áreas protegidas	0,112	0,120
	Tortuga	0,077	0,048
	Áreas de biodiversidad priorizadas	0,075	0,132
	Pesca de invertebrados	0,057	0,042
	Áreas de captura de langosta	0,051	0,050
	Manglares	0,048	0,065
	Zonas de pesca	0,035	0,026
	Cetáceos	0,033	0,040
	Áreas de aves	0,029	0,090
Minimizar la incidencia en comunidades indígenas	Conflicto por tenencia de tierras	0,248	0,252
	Autonomía de comunidades indígenas	0,207	0,202
	Carácter sagrado y cultural de territorios étnicos	0,190	0,192
	Poblados	0,183	0,177
	Sitios arqueológicos	0,117	0,119
	Zonas con potencial arqueológico	0,055	0,058
Minimizar la incidencia en seguridad nacional	Protección de infraestructura	0,500	0,509
	Nuevas rutas generadas	0,500	0,491

Fuente: Elaboración propia.

Podemos apreciar que para el subobjetivo *minimizar la afectación a la biodiversidad*, 12 criterios fueron utilizados en la ponderación; si a cada criterio se le hubiera asignado el mismo riesgo de afectación, la ponderación sería igual a 0,08333 (1/12) para todos los criterios. No obstante, las ponderaciones fueron diferentes. En la ponderación grupal, por ejemplo, los corredores del jaguar y arrecifes fueron los criterios que tuvieron más peso en la valoración del riesgo. Por otro lado, los criterios de menos peso fueron las áreas importantes de aves, las zonas con presencia de cetáceos y las zonas de pesca.



Para el subobjetivo *minimizar la incidencia en comunidades indígenas*, seis criterios fueron ponderados; si a todos se les hubiera asignado el mismo riesgo de afectación, la ponderación sería igual a 0,1666 (1/6) para cada criterio. Sin embargo, otra vez, las ponderaciones fueron diferentes entre los distintos criterios, tanto en la grupal, como en el promedio de ponderaciones individuales. Conflicto de uso de tierra y la autonomía de comunidades indígenas son los criterios que tuvieron más peso en la valoración del riesgo, mientras que los criterios de menos peso fueron los sitios arqueológicos y las zonas de potencial arqueológico.

En el caso del subobjetivo *minimizar la incidencia en seguridad nacional*, se utilizaron dos criterios, y ambos fueron valorados de manera muy similar, cada uno con un peso cercano a 0,5 (1/2). El riesgo de ataques a la infraestructura fue valorado igual de riesgoso que la aparición de nuevos caminos secundarios a lo largo del trazado de la interconexión.

Es importante notar que, a diferencia de los otros dos subobjetivos, en el de *minimizar la afectación a la biodiversidad* existe un orden distinto entre los criterios en el promedio individual de las valoraciones y en la valoración hecha a partir de la discusión grupal. Esto se genera porque los valores de las ponderaciones cambian el orden del riesgo de afectación de los criterios; al realizar un análisis de sensibilidad de los resultados, no se encontró una diferencia significativa entre las dos ponderaciones, por lo que se tomó la ponderación grupal para el análisis.

## Definición de rutas de interconexión

Utilizando el modelo definido en la metodología para crear los trazados terrestres y marítimos, a continuación se presentan las rutas que se generaron y evaluaron en este estudio. Para el trazado marino se incluyeron las variables de arrecifes y de zonas de captura de langosta, que son las de mayor relevancia, pues son las que se adentraban más en el Océano Atlántico y que se procuraron evitar. Las variables seleccionadas para el trazado terrestre influían significativamente en la definición de las rutas; estas variables son: áreas priorizadas de biodiversidad, áreas protegidas, territorios étnicos, territorios étnicos de carácter sagrado y cultural. Además de la ruta planteada por ICP, se generaron tres rutas alternativas adicionales que cuentan con un trazado marino y terrestre<sup>22</sup>, según se muestra en el Mapa 5:

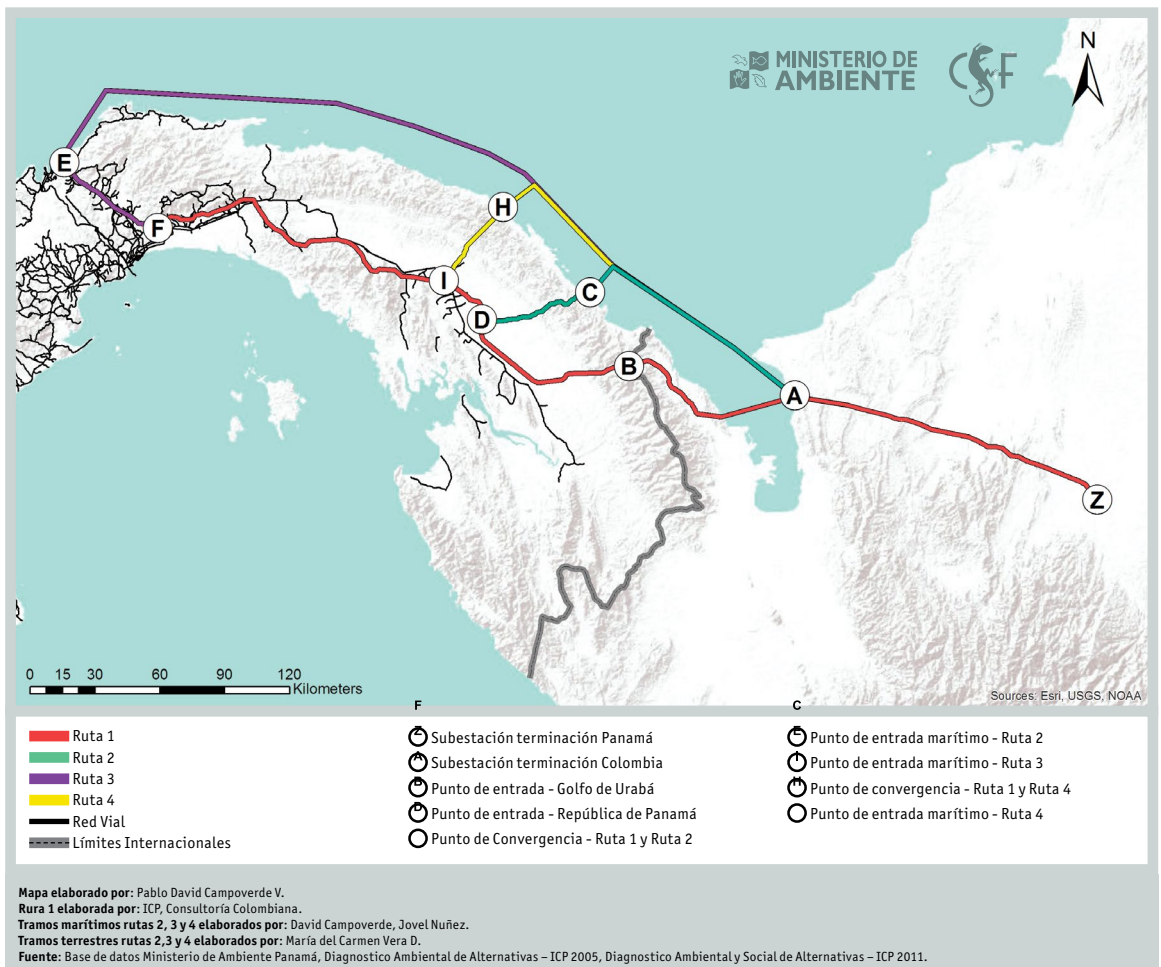
- Ruta 1: *Ruta terrestre Comarca Emberá Wounan de Cémaco* (color rojo en el Mapa 5). Corresponde al trazado propuesto por ICP, que se ha ido ajustando con los diferentes estudios realizados durante la última década. El recorrido de esta ruta pasa por los puntos ABDF. El tramo con más problemática (según el Mapa de Riesgo) se encuentra en la zona del Darién, donde debe atravesar una comarca indígena que se traslapa con un área protegida (Bosque Protector Alto Darién). En total, este trazado tendría un recorrido de 510 km, incluyendo el tramo en Colombia.
- Ruta 2: *Ruta marino-terrestre Puerto Escocés–Comarca Guna* (celeste en el Mapa 5). Corresponde al trazado a partir del punto ubicado en Puerto Escocés. El recorrido de esta ruta pasa por los puntos ACDF. Esta alternativa se caracteriza por evitar atravesar el Bosque Protector Alto Darién y evitar pasar por la Comarca Emberá

<sup>22</sup> En el proceso de selección de rutas de interconexión alternativas, se eliminó como opción la que tenía punto de entrada en el Puerto Obaldía (ver Mapa 1), debido a que la ruta terrestre seguía la línea de la frontera para unirse al trazado de ICP, generando una alternativa, a simple vista, no deseable, pues no minimizaba ninguna de las preocupaciones ambientales sociales o de seguridad nacional.

de Cémaco. Sin embargo, atravesaría la Comarca Guna Yala y un área protegida relativamente pequeña, llamada Reserva Hidrológica de la Serranía del Darién. En total, este trazado tendría un recorrido de 505 km, incluyendo el tramo en Colombia.

- Ruta 3: *Ruta marino-terrestre Colón* (morada en el Mapa 5). Corresponde al trazado a partir del punto ubicado cerca de la ciudad de Colón. El recorrido de esta ruta pasa por los puntos AEF, y es una alternativa caracterizada por evitar, vía terrestre, la zona del Darién, además de evitar atravesar comarcas indígenas. En total, este trazado tendría un recorrido de 608 km, incluyendo el tramo en Colombia.
- Ruta 4: *Ruta marino-terrestre Mamitupu–Comarca Wargandi* (amarilla en el Mapa 5). Corresponde al trazado a partir del punto ubicado cerca del poblado de Mamitupu. El recorrido de esta ruta pasa por los puntos HIF. Esta alternativa se caracteriza por evitar, vía terrestre, la zona del Darién, evitar áreas protegidas y zonas fronterizas. Este trazado, en total, tendría un recorrido de 527 km, incluyendo el tramo en Colombia.

MAPA 5: ALTERNATIVAS DE RUTAS PARA LA INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA COLOMBIA PANAMÁ



## Deforestación

Para definir el riesgo relacionado a cada ruta de interconexión en la parte terrestre, se modelaron las vías que serían generadas para cada una de las rutas de interconexión. Luego se procedió a correr el modelo de deforestación incorporando estas nuevas vías, y se obtuvo el estimado de deforestación por ruta utilizando la probabilidad de deforestación por la superficie de la unidad de análisis utilizada en el modelo, en este caso 10.000 m<sup>2</sup>. Es decir, si la probabilidad de deforestación en la unidad de análisis es de 20%, entonces, en 8 años se estima que 2.000 m<sup>2</sup> sean deforestados. Finalmente, se evaluó cómo cada uno de los indicadores y criterios de riesgo serían afectados por esta deforestación.

Bajo el modelo de generación de vías descrito en la metodología, cada una de las alternativas de rutas para la interconexión entre Colombia y Panamá generó una cantidad diferente de nuevas vías, dependiendo de la cercanía a ciertas variables dentro de un *buffer* de 3 km. Cabe recalcar que tanto para la Ruta marino-terrestre Puerto Escocés-Comarca Guna (Ruta 2), como para la Ruta marino-terrestre Mamitupu-Comarca Wargandí (Ruta 4), debido a la carencia de vías en la zona y el método constructivo asumido, aparte de las vías generadas según el modelo, también se incorporó la creación de un vía paralela. La Tabla 6 presenta la cantidad de kilómetros de vías generadas por tipo de variable, para cada una de las alternativas.

TABLA 6: CANTIDAD DE KILÓMETROS DE VÍAS GENERADAS POR RUTAS INTERCONEXIÓN

	RUTA 1	RUTA 2	RUTA 3	RUTA 4
Nuevas vías desde vías existentes (km)	64	58	30	56
Nuevas vías desde poblados (km)	97	66	10	64
Nuevas vías desde permisos de aprovechamiento de madera (km)	91	50	0	33
Nuevas vías: servidumbre paralela	0	52	0	42
Total nuevas vías (km)	252	227	40	194

Fuente: Elaboración propia.

A partir de las vías modeladas por ruta, se procedió a correr el modelo de deforestación para estimar la deforestación que ocasionarían estas vías. Asimismo, se estimó la deforestación inmediata (año 1) necesaria para la construcción, es decir, a causa de colocación de torres y las servidumbres de paso. La Tabla 7 presenta estos resultados.

TABLA 7: DEFORESTACIÓN MODELADA A PARTIR DE NUEVAS VÍAS GENERADAS

	RUTA 1	RUTA 2	RUTA 3	RUTA 4
Deforestación estimada a 25 años (km <sup>2</sup> ) según modelo deforestación	95,40	112,04	15,39	90,36
Deforestación colocación de torres y servidumbre año 1 (km <sup>2</sup> )	4,89	4,47	0,58	5,17
Total (km <sup>2</sup> )	100,29	117,21	15,97	95,53

Fuente: Elaboración propia.

Como puede verse en la Tabla 6, la ruta que generaría mayor cantidad de caminos sería la Ruta terrestre Comarca Emberá Wounan de Cémaco (Ruta 1), seguida por la Ruta marino-terrestre Puerto Escocés-Comarca Guna (Ruta 2), la Ruta marino-terrestre Mamitupu-Comarca Wargandí (Ruta 4) y, por último, la Ruta marino-terrestre Colón (Ruta 3).

En cuanto a deforestación, como puede verse en la Tabla 7, la Ruta 2 generaría la mayor deforestación total, seguida muy de cerca por las rutas 1 y 4. La Ruta 3 presenta la menor deforestación total.

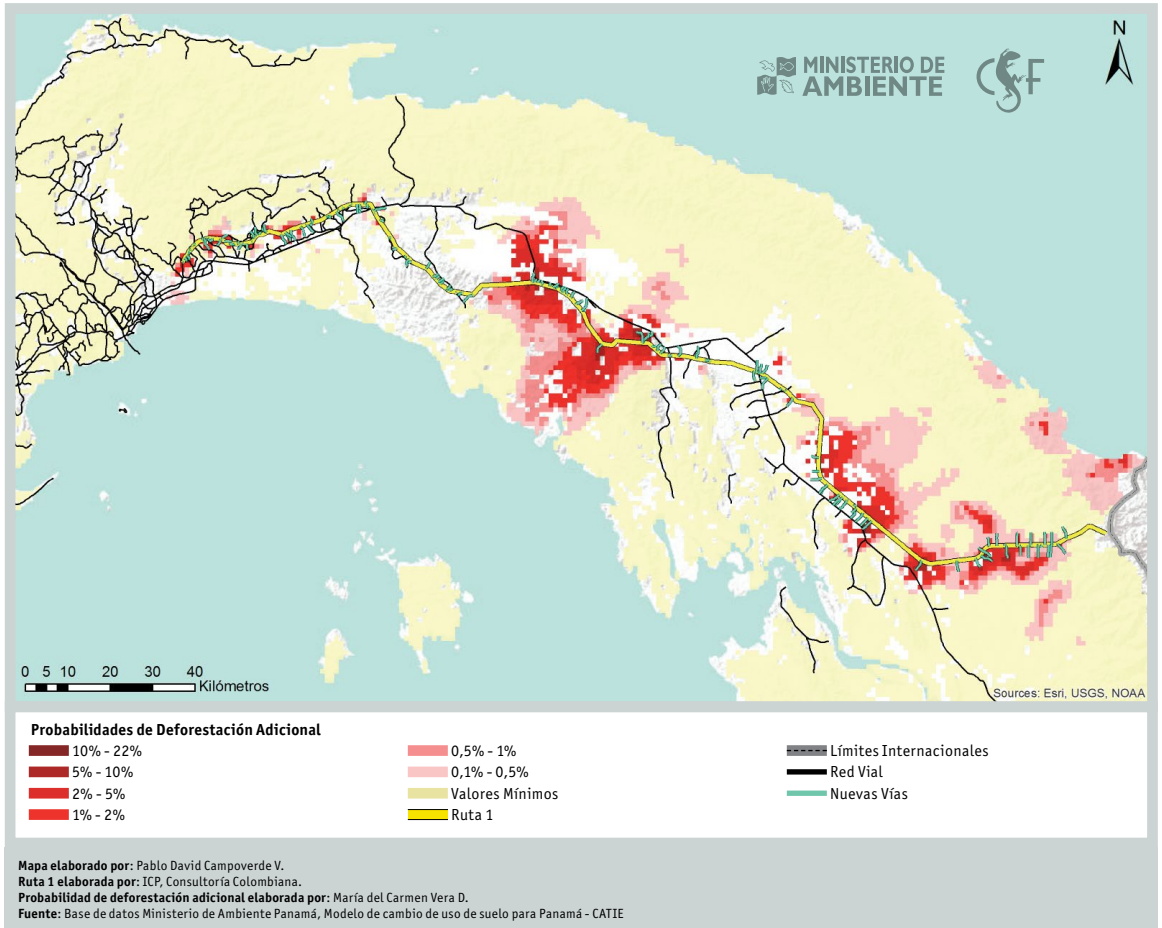
A continuación, los mapas 6, 7, 8 y 9 muestran las vías proyectadas y la probabilidad adicional de deforestación que generaría cada ruta de interconexión. Estos mapas muestran exclusivamente la cantidad adicional de deforestación que sería ocasionada a partir de la generación de vías originadas por las diferentes rutas de interconexión. La deforestación estimada se extiende a zonas donde no se generaron vías, debido a que la generación de caminos altera la dinámica de las poblaciones que se conectan a las mismas.

Es importante recalcar que la deforestación adicional estimada es aditiva, es decir, cada año la probabilidad de deforestación aumenta progresivamente. Los mapas que presentamos a continuación muestran la deforestación estimada en 8 años. Sin embargo, si estimáramos la deforestación a 25 años, los rangos tomarían más de 3 veces el valor de la probabilidad de deforestación. Por ejemplo, el rango más alto de probabilidad de deforestación se ubicaría entre 30% y 70%.

## Deforestación adicional Ruta 1

De acuerdo al modelo de deforestación, la Ruta terrestre Comarca Emberá Wounan de Cémaco (Ruta 1) aumentaría la probabilidad de deforestación significativamente a partir de las nuevas vías que serían generadas. En 25 años, la deforestación adicional que causaría la Ruta 1 sería de 95,40 km<sup>2</sup> (el Mapa 6 muestra la probabilidad de deforestación adicional que generaría esta ruta). Para esta ruta no se asumió la generación de una vía paralela, de acuerdo al método constructivo descrito por ICP, el cual no requiere de la construcción de una servidumbre paralela en la zona del Darién.

MAPA 6: DEFORESTACIÓN ADICIONAL POR GENERACIÓN DE NUEVAS VÍAS – RUTA 1  
INTERCONEXIÓN COLOMBIA PANAMÁ

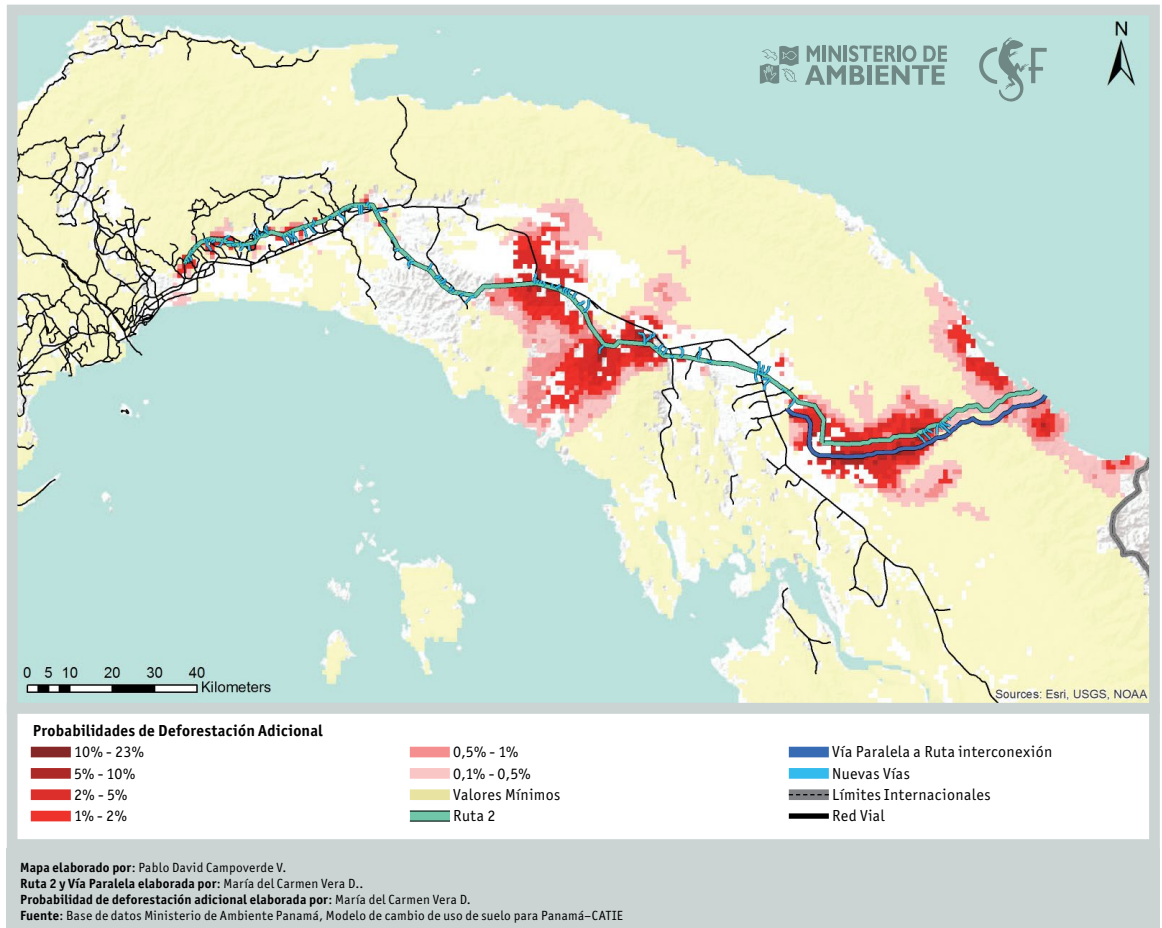


Como puede verse en el Mapa 6, la deforestación se concentraría, especialmente, en las zonas central y sur. En el sur se afectaría, principalmente, el área perteneciente al Bosque Protector Alto Darién. La deforestación ocasionada en la costa, cerca de la frontera entre Colombia y Panamá, se generaría debido a que las nuevas vías permitirían a la población que vive en la zona donde se ubica Puerto Obaldía acceder con mayor facilidad a la red vial de Panamá, cambiando la dinámica económica del área, que hoy en día es un puerto de acceso al país.

## Deforestación adicional Ruta 2

Al igual que en la ruta anterior, el modelo muestra un aumento significativo de la deforestación a causa de las nuevas vías que serían generadas. En 25 años, la deforestación adicional que causaría la Ruta marino-terrestre Puerto Escocés-Comarca Guna (Ruta 2) sería de 112,04 km<sup>2</sup>. Esta deforestación es levemente mayor a la de la Ruta 1. El Mapa 7 muestra la deforestación adicional generada por la Ruta 2, incluyendo una vía paralela adicional que sería desarrollada por el método de construcción asumido.

MAPA 7: DEFORESTACIÓN ADICIONAL POR GENERACIÓN DE NUEVAS VÍAS – RUTA 2+ VÍA PARALELA –BUFFER 3KM- INTERCONEXIÓN COLOMBIA PANAMÁ

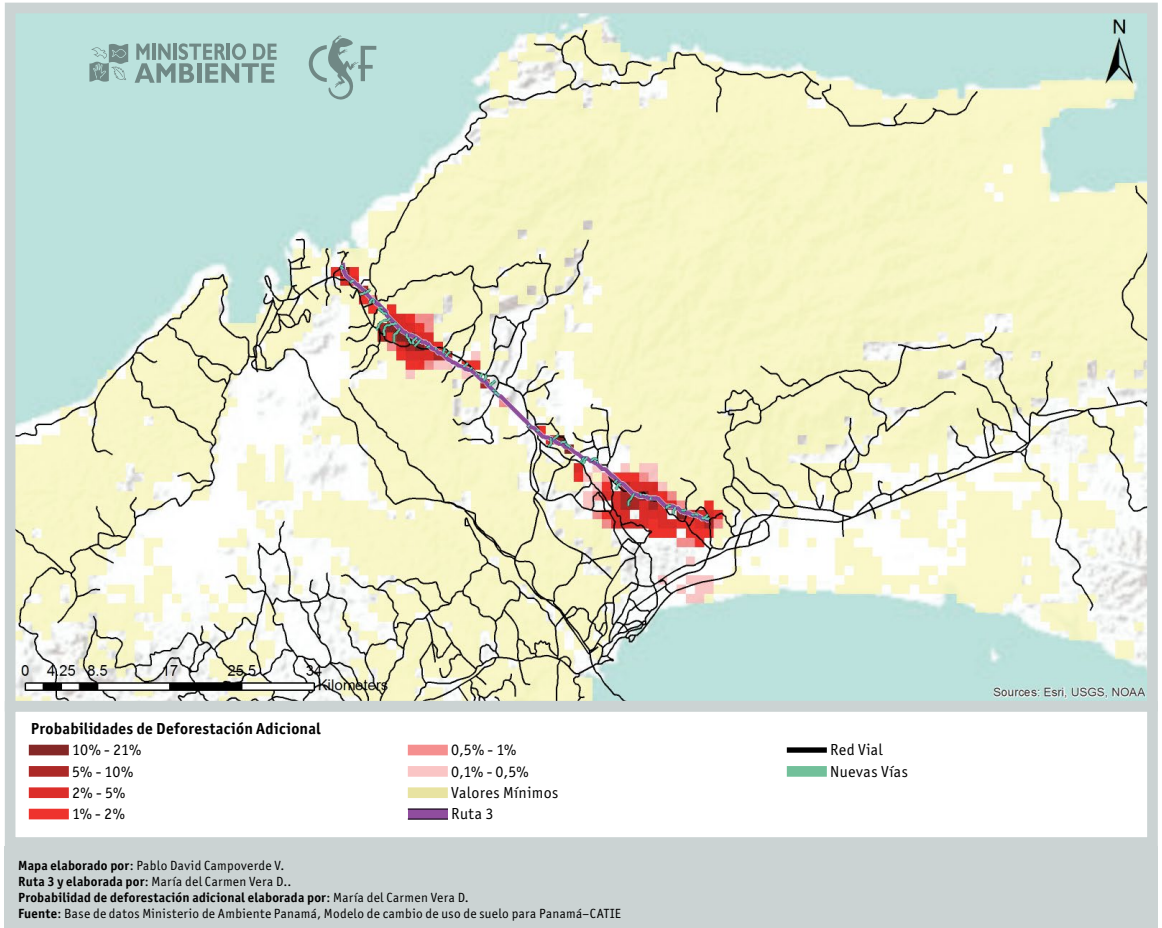


Como puede verse en el Mapa 7, a lo largo del trazado, desde la costa hasta la red vial existente en Panamá, la deforestación que generaría la Ruta 2 sería importante, debido a que se ubicaría en un área que, en su mayoría, es boscosa, pero no está definida como área protegida, y también debido a que el método constructivo incluiría una vía de servidumbre. Así como en la Ruta 1, la deforestación ocasionada en la costa se genera porque las nuevas vías permitirían a la población que vive en la zona donde se ubica Puerto Escocés acceder con mayor facilidad a la red vial de Panamá, cambiando la dinámica económica del área y acelerando procesos de deforestación.

### Deforestación adicional Ruta 3

La Ruta marino-terrestre Colón (Ruta 3) aumentaría la probabilidad de deforestación en una magnitud mucho menor a partir de las nuevas vías generadas. A pesar de que existe menos deforestación total, las probabilidades de esta llegarían a superar el 20% en algunas zonas. En 25 años, la deforestación adicional causada por la Ruta 3 sería de 15,39 km<sup>2</sup>, que sería mucho menor que la deforestación adicional proyectada para las rutas 1 y 2. El Mapa 8 muestra la deforestación adicional que generaría la Ruta 3. Es importante mencionar que para esta ruta no se asumió la generación de una vía paralela, por la alta conectividad vial que existe en la zona del trazado.

MAPA 8: DEFORESTACIÓN ADICIONAL POR GENERACIÓN DE NUEVAS VÍAS – RUTA 3 – INTERCONEXIÓN COLOMBIA PANAMÁ

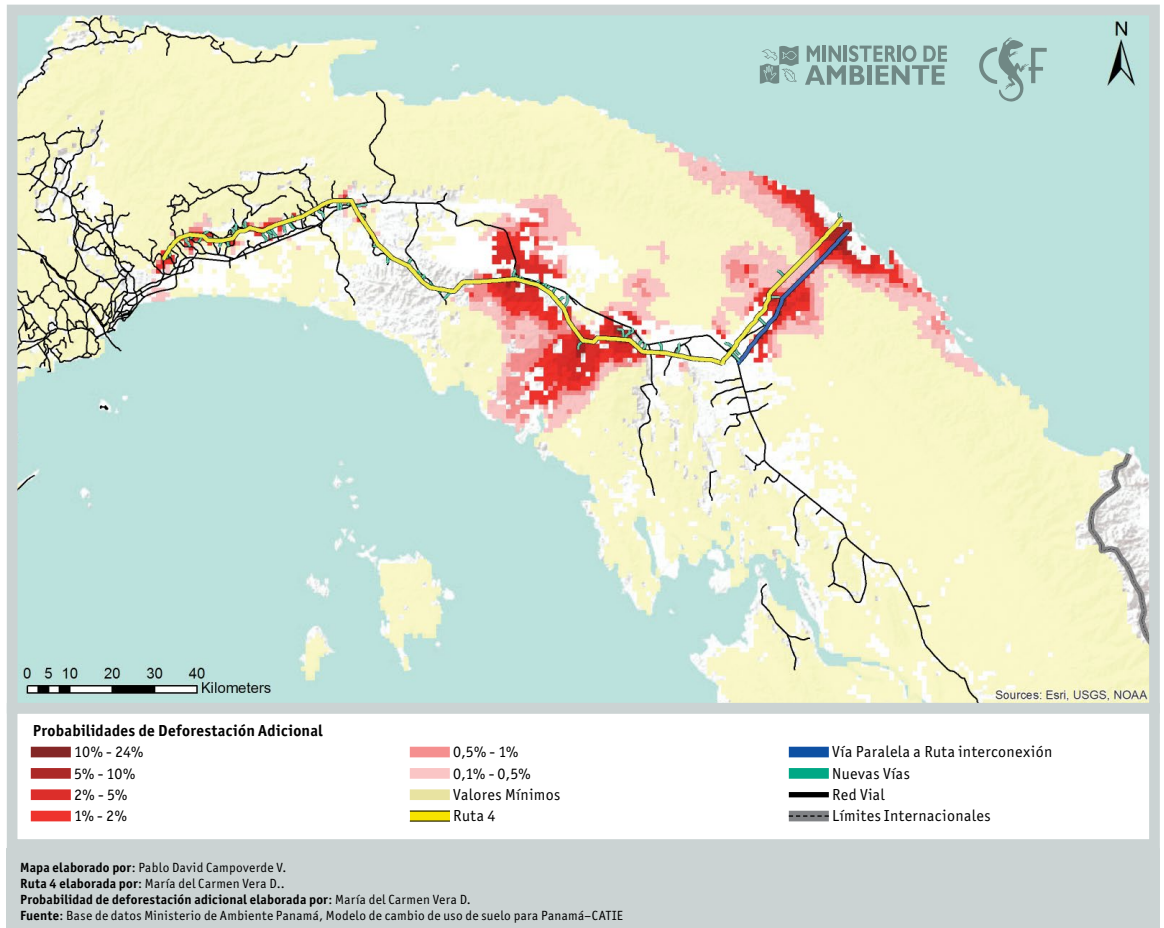


Como puede verse en el Mapa 8, el área comprendida entre el punto de entrada de la interconexión, cerca de la ciudad de Colón, y la subestación final del trazado, cerca de Ciudad de Panamá, es un área altamente intervenida (lo que se aprecia por las carreteras existentes), y esto implica que la construcción de la interconexión tendría una afectación mucho menor, tanto en la extensión de las vías generadas como en la deforestación causada por las mismas.

#### Deforestación adicional Ruta 4

De acuerdo al modelo de deforestación, la Ruta marino-terrestre Mamitupu-Comarca Wargandí (Ruta 4) generaría un aumento en la probabilidad de deforestación importante, a causa de las nuevas vías generadas, especialmente en zonas costeras que atraviesan comarcas indígenas. En 25 años, la deforestación adicional que causaría la Ruta 4 sería de 90,36 km<sup>2</sup>, levemente menor que las de las rutas 1 y 2. El Mapa 9 muestra la deforestación adicional generada por la Ruta 4, incluyendo una vía paralela adicional que sería desarrollada por el método de construcción asumido.

MAPA 9: DEFORESTACIÓN ADICIONAL POR GENERACIÓN DE NUEVAS VÍAS – RUTA 4 + VÍA PARALELA – INTERCONEXIÓN COLOMBIA PANAMÁ



Tal como se ve en el Mapa 9, la deforestación ocasionada alrededor del punto de entrada en la costa sería generada porque las nuevas vías permitirían, a la población que vive en la zona de Mamitupu, acceder con mayor facilidad a la red vial de Panamá, cambiando la dinámica económica del área y acelerando procesos de deforestación. En comparación a la Ruta 2, la deforestación a lo largo del trazado, desde la costa hasta la red vial existente en Panamá, sería menor, ya que la zona está más intervenida, aumentando progresivamente a medida que se acerca a la red vial.

## Riesgo por ruta

A partir del cálculo de los valores de deforestación y la metodología descrita para estimar riesgo por indicador, se procedió a realizar el Análisis Multicriterio. En la Tabla 8 se puede observar las áreas de afectación que cada ruta generaría en 25 años, según el criterio y el indicador evaluado, antes de ser estandarizados.



TABLA 8: DEFORESTACIÓN TOTAL POR RUTA Y ESCENARIO

CRITERIOS	INDICADOR	AFECTACIÓN TOTAL (Km²)			
		RUTA 1	RUTA 2	RUTA 3	RUTA 4
Corredores del jaguar	Cantidad de km² afectados	0,00	0,00	5,16	0,00
Arrecifes	Cantidad de km² afectados	0,00	0,14	0,16	0,19
Unidades de conservación del jaguar	Cantidad de km² afectados	52,44	62,17	6,22	24,79
Áreas Protegidas	Cantidad de km² afectados	18,28	4,74	0,08	3,52
Áreas con presencia de manatí o tortuga	Cantidad de puntos afectados	0,00	0,00	0,00	0,00
Áreas de biodiversidad priorizadas	Cantidad de km² afectados	34,56	40,77	0,05	19,65
Áreas de pesca de invertebrados	Cantidad de km² afectados	0,00	0,00	0,00	0,00
Áreas de captura de langosta	Cantidad de km² afectados	0,00	0,00	0,00	0,00
Manglares	Cantidad de km² afectados	0,45	0,61	0,04	1,09
Zonas de pesca	Cantidad de puntos afectados	0,00	0,00	0,00	0,00
Zonas con presencia de cetáceos	Cantidad de puntos afectados	0,00	0,00	0,00	0,00
Áreas importantes de aves	Cantidad de km² afectados	19,36	19,34	0,03	19,34
Conflicto por tenencia de tierras	Cantidad de km² afectados	26,57	42,73	0,00	1,61
Autonomía de comunidades indígenas	Cantidad de comunidades afectadas	1,00	2,00	0,00	1,00
Carácter sagrado y cultural de territorios étnicos	Cantidad de km² afectados	0,32	0,92	0,00	4,75
Poblados	Cantidad de poblados afectados	45,00	34,00	10,00	31,00
Sitios arqueológicos	Cantidad de puntos afectados	0,00	0,00	0,00	0,00
Zonas con potencial arqueológico	Cantidad de km² afectados	46,28	57,11	1,10	50,79
Protección de infraestructura	Inversión en seguridad (millones de USD)	10,50	7,00	0,00	3,50
Nuevas rutas generadas	Km de rutas generadas	252,00	227,30	40,00	194,00

Fuente: Elaboración propia.

Los valores presentados en la Tabla 8 no necesariamente suman la deforestación total presentada anteriormente, puesto que más de un criterio puede ser afectado en una misma zona donde se estimó deforestación. Con la afectación total de cada uno de los criterios (Tabla 8), se procedió a estandarizar los valores para que todos estuvieran en una misma escala, en este caso, de 0 a 100. Finalmente, se multiplicó el valor de afectación estandarizado de cada criterio por el ponderador previamente definido (Tabla 5: ponderador grupal). Las tablas detalladas con cada paso realizado en este proceso se encuentran en el Anexo 7. A continuación, se procedió a agregar los valores estandarizados ponderados, según cada uno de los subobjetivos predefinidos. En la Tabla 9 podemos apreciar cuáles son los valores del indicador de riesgo para cada una de las rutas.

TABLA 9: ANÁLISIS MULTICRITERIO – INDICADORES ACUMULADOS

	INDICADOR DE RIESGO ACUMULADO			
	RUTA 1	RUTA 2	RUTA 3	RUTA 4
Afectación biodiversidad	36	44	30	35
Incidencia en comunidades indígenas	54	79	6	56
Incidencia en seguridad nacional	100	78	0	53
TOTAL	189	200	36	144

Fuente: Elaboración propia.

Al comparar las alternativas propuestas, la Ruta marino-terrestre Colón (Ruta 3) tiene el riesgo de afectación acumulado más bajo. Esto se debe a que esta ruta tendría la distancia terrestre más corta, y a que el área donde se desarrollaría está bastante intervenida. La Ruta marino-terrestre Mamitupu-Comarca Wargandí (Ruta 4) se presenta como la segunda mejor opción en términos de riesgo acumulado.

La Ruta marino-terrestre Puerto Escocés-Comarca Guna (Ruta 2) es la opción que cuenta con el riesgo acumulado más alto, seguida muy de cerca por la Ruta terrestre Comarca Emberá Wounan de Cémaco (Ruta 1). Es importante mencionar que los valores presentados en esta sección representan un indicador global y comparable que mide las afectaciones de cada una de las rutas. Este indicador no tiene una unidad definida y se debe utilizar para comparar las alternativas de rutas de interconexión entre sí.

Una vez que se han calculado los valores acumulados del índice, se procede a ponderarlos según el subobjetivo planteado. En este estudio tomamos una ponderación igualitaria para los subobjetivos que agrupan a los criterios, sin embargo, los tomadores de decisión podrían tener diferentes preferencias frente a uno u otro, lo cual reflejaría unos resultados acordes a su visión de gobierno. En la Tabla 10 se puede observar la calificación final, ponderada igualitariamente, asignada a cada una de las alternativas planteadas.

TABLA 10: ANÁLISIS MULTICRITERIO – CALIFICACIÓN FINAL

INDICADOR DE RIESGO ACUMULADO PONDERADO – ESCENARIO 2					
DESCRIPCIÓN	PONDERACIÓN	RUTA 1	RUTA 2	RUTA 3	RUTA 4
Afectación biodiversidad	1/3	12	15	10	12
Incidencia en comunidades indígenas	1/3	18	26	2	19
Incidencia en seguridad nacional	1/3	33	26	0	18
TOTAL	1	63	67	12	48

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 10 muestra claramente que los valores de la Ruta marino-terrestre Colón (Ruta 3) son muy bajos en comparación con otras alternativas. La Ruta marino-terrestre Mamitupu-Comarca Wargandí (Ruta 4) toma valores relativamente bajos también, convirtiéndose en la segunda alternativa con menor riesgo ponderado. Este resultado se da principalmente porque la Ruta 4 atraviesa una zona que no está definida como área protegida, y no atraviesa zonas de biodiversidad importantes para la república de Panamá, por lo que la eventual generación de una vía paralela a la interconexión no genera mayores impactos.

En temas de biodiversidad, la Ruta marino-terrestre Colón (Ruta 3) tiene el índice de afectación más pequeño, principalmente por poseer una extensión terrestre menor y, además, por no atravesar un área protegida o de biodiversidad importante; sin embargo, esta ruta atraviesa un corredor del jaguar y zonas de arrecife. La Ruta terrestre Comarca Emberá Wounan de Cémaco (Ruta 1) y la Ruta marino-terrestre Mamitupu-Comarca Wargandí (Ruta 4) tienen un riesgo similar en términos de afectación a la biodiversidad, y ligeramente menor al generado por la Ruta marino-terrestre Puerto Escocés-Comarca Guna (Ruta 2). El riesgo mayor de la Ruta 2 se debe, principalmente, a que esta cruza zonas del corredor del jaguar, arrecifes y manglares, las cuales tienen ponderaciones muy altas dentro del Análisis Multicriterio. Por su parte, la Ruta 1, aunque es la que afecta en mayor grado áreas protegidas, presenta un riesgo a la biodiversidad similar al de la Ruta 4, debido a que no afecta arrecifes y a que se asumió que dentro del Parque Nacional Alto Darién no se generaría una carretera paralela, pues su construcción y mantenimiento serían realizados con la utilización de helicópteros.

En lo que se refiere a incidencia social e incidencia sobre comunidades indígenas, la Ruta 3 es la que genera menor afectación por la zona donde está ubicado el trazado; las otras opciones presentan valores más altos, principalmente porque deben atravesar zonas pertenecientes a comunidades indígenas y pasan por zonas con conflicto de tenencia de tierras. En el caso de la Ruta 1, se debe atravesar una zona extensa en conflicto de tenencia y, además, una comarca indígena Emberá. La Ruta 2 se caracteriza por ser la opción con mayor afectación social, ya que además de atravesar una zona extensa en conflicto de tenencia, se necesita la autorización de dos diferentes comunidades indígenas, Emberá y Guna Yala. Finalmente, la Ruta 4 atraviesa mínimamente zonas en conflicto de tenencia de tierra, sin embargo, su calificación se debe, sobre todo, al hecho de atravesar dos comunidades indígenas Guna Yala, cada una de las cuales necesitan aprobar el proyecto para que atraviese su territorio. Asimismo, esta ruta atraviesa, más que ninguna otra, zonas de carácter sagrado y cultural ubicadas cerca de Mamitupu.

En lo que se refiere a incidencia en seguridad nacional, la Ruta 3 no representa un riesgo para este subobjetivo; alternativamente, las otras opciones presentan valores acordes a la zona por donde cada trazado fue definido. En temas de protección de infraestructura, para la Ruta 2 se definió que se utilizaría un 33% menos de personal del Servicio Nacional de Fronteras, en comparación a la propuesta realizada por el SENAFRONT (2014) para la Ruta 1; para la Ruta 4 se definió que se necesitaría un 66% menos de personal del Servicio Nacional de Fronteras, en comparación a la propuesta para la Ruta 1, ya que el trazado solo pasa por la comarca Guna Yala, evitando totalmente acercarse al Darién y a la zona fronteriza. Finalmente, se puede apreciar que el índice de riesgo de incidencia en la Seguridad Nacional es más alto en la Ruta 1, dado que debe atravesar una zona con mayores conflictos, lo cual implica más gasto en seguridad. En lo que respecta a la Ruta 2, a pesar de la menor inversión en seguridad, la creación de nuevas vías generadas es mayor. La Ruta 4 tiene una cantidad similar de vías, pero el gasto en protección de infraestructura es menor.

Por último, se puede concluir que la Ruta marino-terrestre Colón (Ruta 3) es la alternativa que tiene un menor impacto, minimizando los riesgos asociados a los diferentes criterios considerados en el estudio. La Ruta marino-terrestre Mamitupu-Comarca Wargandí (Ruta 4) presenta valores acumulados de riesgo de afectación intermedios, mientras que la Ruta terrestre Comarca Emberá Wounan de Cémaco (Ruta 1) y la Ruta marino-terrestre Puerto Escocés-Comarca Guna (Ruta 2) tienen el riesgo de afectación más alto.

## Análisis financiero

Con la definición de las rutas alternativas, se realizaron las estimaciones del costo financiero aproximado de cada una de las opciones. En la Tabla 11 se puede observar los valores estimados de costos de construcción y puesta en marcha de la interconexión entre Colombia y Panamá.

TABLA 11: ESTIMACIONES DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN POR RUTA

Tramo	Costo por km (millones USD)*	RUTA 1		RUTA 2		RUTA 3		RUTA 4	
		Longitud (km)	Costo (millones USD)	Longitud (km)	Costo (millones USD)	Longitud (km)	Costo (millones USD)	Longitud (km)	Costo (millones USD)
Terrestre	0,4	428,0	192,6	380,0	171,0	206,0	92,7	353,0	158,85
Bosque	0,8	42,0	33,6	12,0	9,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Marino	1,7	40,0	68,0	113,0	192,1	402,0	683,4	174,0	295,8
Subtotal		510,0	294,2	505,0	372,7	608,0	776,1	527,0	454,6
Construcción de subestaciones			140,5		140,5		140,5		140,5
Total (millones USD)			434,7		513,2		916,6		595,1

\*El costo por km incluye los costos de los bienes, servicios, etc., tal como se menciona en la metodología, para cada uno de los diferentes tramos.

Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar que la estimación del costo de construcción se realizó utilizando la longitud total del proyecto de interconexión, es decir, incluyendo los tramos que corresponderían a Colombia y a Panamá. Esto se debe a que los países han decidido que los costos de la interconexión que cada uno debe aceptar representarán el 50% del costo asociado al proyecto, por lo que los costos financieros que la República de Panamá deberá asumir, según las diferentes rutas, son los siguientes:

TABLA 12: ESTIMACIONES DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA REPÚBLICA DE PANAMÁ

Costo República de Panamá (millones USD)	RUTA 1	RUTA 2	RUTA 3	RUTA 4
	217,3	256,6	458,3	297,6

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la Tabla 12, la Ruta 1 tiene el menor coste, seguida por las rutas 2 y 4. La Ruta 3 es la opción con el costo financiero más alto, ya que tiene un tramo marino importante. Con excepción de la Ruta 3, las otras alternativas planteadas tienen una longitud similar, por lo que la diferencia fundamental se encuentra en el costo de adoptar un tramo marítimo más largo, en función de los riesgos analizados en el presente estudio.

# Análisis comparativo de riesgo y costo financiero

Se puede notar que existe un “*trade-off*” claro entre el costo financiero de construcción del proyecto y la minimización de las afectaciones ambientales, sociales y de seguridad nacional, tal como se observa en la Tabla 13, donde se resume las características generales de las rutas analizadas.

TABLA 13: TRADE-OFF DE RIESGO DE AFECTACIÓN VS. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN

ALTERNATIVA	DEFORESTACIÓN ADICIONAL 25 AÑOS (HECTÁREAS)	ÍNDICE DE RIESGO PONDERADO*	COSTO REPÚBLICA DE PANAMÁ (MILLONES USD)	CARACTERÍSTICAS RELEVANTES
Ruta terrestre Comarca Emberá Wounan de Cémaco (Ruta 1)	10.029	63	217	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ruta con el segundo más alto índice de riesgo ponderado.</li> <li>■ Ruta con índice de riesgo más alto en seguridad nacional.</li> <li>■ La ruta atravesaría una comarca indígena Emberá.</li> <li>■ La ruta no asume generación de un camino de servidumbre paralelo al trazado dentro del Parque Nacional Alto Darien (técnica constructiva helicoportada).</li> <li>■ Ruta con menor costo financiero.</li> </ul>
Ruta marino-terrestre Puerto Escocés– Comarca Guna (Ruta 2)	11.721	67	257	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ruta con índice de riesgo ponderado más alto.</li> <li>■ Ruta con índice de riesgo ambiental y social más alto.</li> <li>■ La ruta atravesaría una comarca Guna Yala, y otra Emberá.</li> <li>■ Asume la generación de un camino paralelo al trazado, desde Puerto Escocés hasta el norte de la Ciudad de Santa Fé, donde se uniría con una carretera secundaria existente.</li> <li>■ Ruta con segundo menor costo financiero.</li> </ul>
Ruta marino-terrestre Colón (Ruta 3)	1.597	12	458	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ruta con índice de riesgo ponderado más bajo, y en todas las categorías: ambiental, social y seguridad nacional.</li> <li>■ Ruta con tramo marítimo más largo.</li> <li>■ La ruta no atravesaría ninguna comarca indígena.</li> <li>■ La ruta no asume generación de un camino de servidumbre paralelo al trazado, debido a la alta conectividad vial de la zona.</li> <li>■ Ruta con mayor costo financiero.</li> </ul>
Ruta marino-terrestre Mamitupu–Comarca Wargandí (Ruta 4)	9.553	48	298	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ruta con el segundo más bajo índice de riesgo ponderado, y en las categorías ambiental y seguridad nacional.</li> <li>■ La ruta evita atravesar zonas de biodiversidad terrestre importantes.</li> <li>■ La ruta atravesaría dos comarcas Guna Yala.</li> <li>■ Asume la generación de un camino paralelo al trazado, desde Mamitupu hasta Cañazas, donde se uniría con una carretera secundaria existente.</li> <li>■ Ruta con segundo mayor costo financiero.</li> </ul>

\* El índice de riesgo ponderado es un valor comparativo y útil únicamente como herramienta de comparación. Su rango es de 0 a 100, donde 0 representa el riesgo mínimo, y 100, el máximo. Se asume ponderación igualitaria entre riesgos: sociales, ambientales y de seguridad nacional (33,3% cada uno).

Fuente: Elaboración propia.

La Ruta marino-terrestre Colón (Ruta 3) es la opción con el riesgo más bajo entre las alternativas propuestas, pero con el costo financiero más alto, principalmente por tener un tramo marino importante. En términos de riesgo, la segunda mejor opción es la Ruta marino-terrestre Mamitupu-Comarca Wargandí (Ruta 4); comparada con la ruta propuesta por ICP (Ruta 1), reduciría en un 24% el índice de riesgo ponderado, aunque los costos de construcción se elevarían un 37%.

A pesar de que la diferencia en la reducción de deforestación entre las rutas 4 y 1 no es grande, la Ruta 4 no atraviesa zonas fronterizas, áreas protegidas, ni tierras en conflicto de tenencia, lo cual se muestra a través del índice de riesgo presentado.

Por su parte, la Ruta terrestre Comarca Emberá Wounan de Cémaco (Ruta 1) y la Ruta marino-terrestre Puerto Escocés-Comarca Guna (Ruta 2) son las rutas con mayor riesgo y menor costo financiero. La Ruta 1 es levemente menos riesgosa, porque no asumió la generación de un camino de servidumbre paralelo al trazado dentro del Parque Nacional Alto Darién (técnica constructiva helicóportada).

La Ruta 1, previamente planteada por ICP, genera riesgos muy elevados. El análisis muestra alternativas de diferente índole que, en general, tienen resultados más deseables en los ámbitos de afectación a la biodiversidad, incidencia en comunidades indígenas e incidencia en seguridad nacional. Como se mencionó anteriormente, la Ruta 3 genera un índice de riesgo bastante bajo; si comparamos estos resultados con la Ruta 1, observamos que el índice de riesgo se reduce en un 81%, y la deforestación en un 84%, mientras que los costos de construcción se elevan en un 111%, es decir, más de dos veces el costo del proyecto utilizando el trazado de la Ruta 1.

Vale la pena mencionar que la inclusión de los costos de inversión dentro del Análisis Multicriterio como un componente más no se consideró en el estudio final, ya que se definió previamente que la manera más adecuada de realizar la comparación de resultados era separando el índice de riesgo de los costos, lo que permitía darle al tomador de decisión la comparación de los costos del proyecto con la valoración de riesgo realizada, tomando en cuenta externalidades. A pesar de lo mencionado, si se decidiera incluir los costos como un subobjetivo más en el Análisis Multicriterio, y se le asignara una ponderación igualitaria, los resultados del estudio no cambiarían, aunque las diferencias en el índice de riesgo de las alternativas presentadas serían menos marcadas.

Por último, cabe recalcar que en el presente estudio no analizamos los beneficios del proyecto ni la distribución de los mismos; únicamente analizamos los costos y los riesgos asociados de cada alternativa de interconexión. Por ende, este es un análisis de costo efectividad y no de costo-beneficio. En tal sentido, no se determinó si el proyecto de interconexión es beneficioso para Panamá, sino cuáles serían las mejores alternativas de ruta en términos de riesgo, y los costos financieros de cada una de ellas.



Referencias

ABB. (2007). Reports & News. Asea Brown Boveri. From ABB:  
<http://new.abb.com/systems/hvdc/references/norned>

Ananda, J., & Herath, G. (2009). A critical review of multi-criteria decision making methods with special reference to forest management and planning. *Ecological Economics*, 68, 2535–2548.

Autoridad Nacional del Ambiente–ANAM. (2015). Análisis Comparativo de Costos Financieros y Riesgos Socio Ambientales de distintas rutas para la interconexión eléctrica Colombia-Panamá. Términos de Referencia. Ciudad de Panamá.

Brown, K., Adger, N., Tompkins, E., Bacon, P., Shim, D., & Young, K. (2001). Trade-off analysis for marine protected area management. *Ecological Economics*, 37, 417–434.

CATIE (2013) Análisis de cambio de uso de la tierra (1992 – 2008) y formulación de escenarios de deforestación futura de los bosques de Panamá. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba.

Consultoría Colombiana. (2005). Diagnóstico Ambiental de Alternativas DAA, para la Interconexión Eléctrica entre Colombia y Panamá. Reporte Final, Bogotá.

Consultoría Colombiana. (2011). Diagnóstico Ambiental y Social de Alternativas DASA, para la Interconexión Eléctrica entre Colombia y Panamá. Reporte Final, Bogotá.

Department for Communities and Local Government. (2009). Multi-criteria analysis: a manual. London: ©Crown.

ESRI (2015a). ¿Qué es ArcGis? ArcGIS Resources. Environmental Systems Research Institute. <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>

ESRI (2015b) ¿Qué es un ráster? ArcGIS Resources. Environmental Systems Research Institute. <http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#//009t00000002000000>

Jeuck J.A., Cubbage F.W., Abt R.C., Bardon R.E., McCarter J.B., Coulston J.W., Renkow M.A. (2014). Assessing Independent Variables Used in Econometric Modeling Forest Land Use or Land Cover Change: A Meta-Analysis. *Forests* 2014, 5, 1532-1564; doi: 10.3390/f5071532.

Elering. (2011). EstLink 1. From Elering: <http://elering.ee/estlink-i/>

Elering. (2011). Project Overview. From EstLink2: <http://estlink2.elering.ee/project-overview/>

Geneletti, D., & Duren, I. v. (2008). Protected area zoning for conservation and use: A combination of spatial multicriteria and multiobjective evaluation. *Landscape and Urban Planning*, 85, 97–110.

Hocker, C., & Martin, L. (2007). Undersea Success – The Neptune Project. From Electric Energy Online: [http://www.electricenergyonline.com/show\\_article.php?mag=46&article=343](http://www.electricenergyonline.com/show_article.php?mag=46&article=343)

ICP. (Febrero de 2015). [Base de datos] CAPEX Cable ICP. Panamá.

ICP. (2009). Quienes Somos. Obtenido 15 de Abril de 2015 de Interconexión Eléctrica Colombia



Panamá: <http://www.interconexioncp.com/es/DTLDocumentosPdf/quienes-somos.pdf>

Karlsdóttir, S. H. (2013). Experience in transporting energy through subsea power cables: The case of Iceland–Thesis. Reykjavik: Faculty of Industrial Engineering, Mechanical Engineering and Computer Science, School of Engineering and Natural Sciences, University of Iceland.

Malczewski, J. (1999). GIS and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley & Sons, Inc.

Malczewski, J., Moreno-Sanchez, R., Bojorquez, L., & Ongay Delhumeau, E. (1997). Multicriteria group decision-making model for environmental conflict analysis in the Cape Region, Mexico. *Environ. Planning Manage*, 40, 349–374.

Moffett, A., & Sarkar, S. (2006). Incorporating multiple criteria into the design of conservation area networks: a minireview with recommendations. *Diversity and Distributions*, 125–137.

Nepstad, D., G. Carvalho, A. C. Barros, A. Alencar, J. P. Capobianco, J. Bishop, P. Moutinho, P. Lefebvre and U. Silva Jr. (2001). Road Paving, Fire Regime Feedbacks, and the Future of Amazon Forests. *Forest Ecology & Mgt.* 154, 395-407.

NKT. (2009). Baltic I. NKT Holdings. From Nkt Cables: <http://www.nktcables.com/es/about-us/key-projects/submarine-cables/>

NKT. (2011). Cork Harbour Crossing II. NKT Holdings.

From Nkt Cables: <http://www.nktcables.com/de/about-us/key-projects/submarine-cables/~media/Files/NktCables/download%20files/de/reference%20flyer/Referenzflyer-Cork-Harbour-Web-deutsch.ashx>

OSPAR (2009). Assessment of the environmental impacts of cables. Biodiversity Series. Hamburg. Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic Commission. [http://qsr2010.ospar.org/media/assessments/p00437\\_Cables.pdf](http://qsr2010.ospar.org/media/assessments/p00437_Cables.pdf)

Pfaff, A.S.P. (1999). What Drives Deforestation in the Brazilian Amazon? *Journal of Environmental Economics and Management*, 37, 26-43.

Pourebrahima, S., Hadipoura, M., & Mokhtar, M. B. (2011). Integration of spatial suitability analysis for land use planning in coastal areas; case of Kuala Langat District, Selangor, Malaysia. *Landscape and Urban Planning*, 101, 84–97.

Prysmian. (2012). About. From Western Link Project: <http://www.westernhvdclink.co.uk/marine-cable.aspx>

SENAFRONT (2014). Creación y equipamiento táctico individual de compañías de alto valor. Ciudad de Panamá. Servicio Nacional de Fronteras, Panamá.

Scoop Media. (29 de Mayo de 2013). Transpower's New HVDC Pole 3 Commissioned. Scoop Media, p. 1.

Steele, K., Carmel, Y., Cross, J., & Wilcox, C. (2008). Uses and Misuses of Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) in Environmental Decision-Making. Melbourne: Australian Centre of Excellence for Risk Analysis.

Vera-Diaz, M. D. C., R. Kaufmann, D. Nepstad and P. Schlesinger (2008). An Interdisciplinary Model of Soybean Yield in the Amazon Basin: the Climatic, Edaphic, and Economic Determinants. *Ecological Economics* 65(2), 420-431.

Vera-Diaz, M.D.C., Kaufmann, R., and Nepstad, D. (2009). The Environmental Impacts of Soybean Expansion and Infrastructure Development in Brazil's Amazon Basin. Global Development and Environment Institute, Tufts University, Working Paper 09-05.

Villa, F., Tunesi, L., & Agardy, T. (2002). Zoning Marine Protected Areas through Spatial Multi Criteria Analysis: The case of the Asinara Island National Marine Reserve of Italy. *Conservation Biology*, 16 (2), 515-526.

Wood, L., & Dragicovic, S. (2007). GIS-based multicriteria evaluation and fuzzy sets to identify priority sites for marine protection. *Biodivers Conserv*, 16, 2539–2558.



Anexos

## Anexo 1: Metodología del taller de ponderación

Cada participante experto evaluó cuán mayor es el riesgo de afectación entre cada par de criterios, es decir, se evaluó cuán más riesgosa es la afectación al criterio A, en comparación a la afectación del criterio B, con la construcción de la interconexión, dadas las características intrínsecas de cada uno de los criterios, y así, consecutivamente, para todos los pares de criterios. Los criterios se evaluaron asumiendo que serían afectados por la construcción de la interconexión, por lo que las opciones de rutas que podría tomar la interconexión no fueron presentadas a los participantes.

Esto permite crear una matriz de comparaciones como la mostrada en la Tabla A1.1, que luego puede devolver un único valor de riesgo de afectación relativa para cada uno de los criterios, de modo que, al final de este proceso, se tienen valores para cada uno de los criterios, que permiten ordenarlos de acuerdo a qué tan importante es la afectación a la que estarán sujetos con la construcción de la interconexión eléctrica.

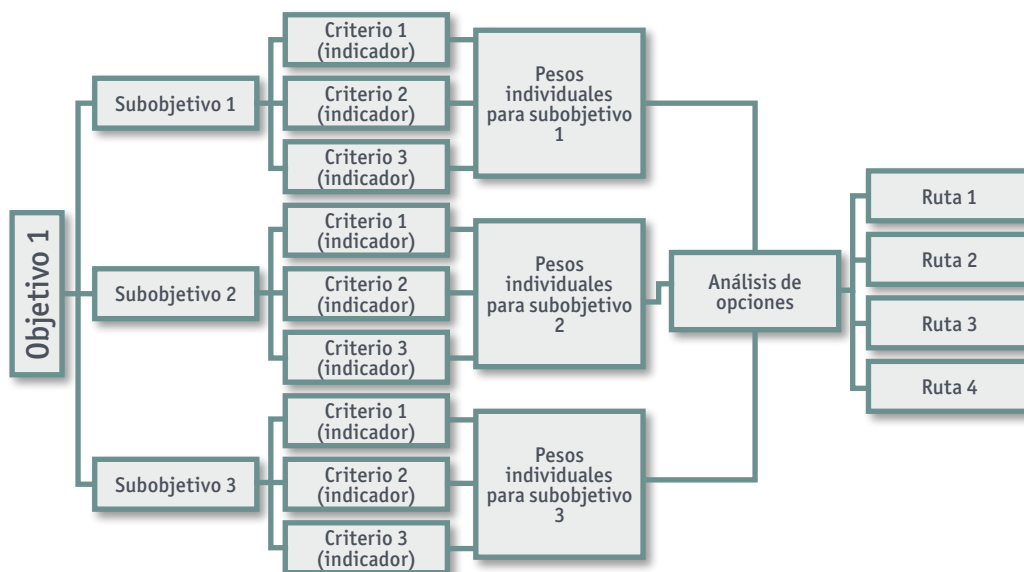
TABLA A1.1. EJEMPLO DE MATRIZ DE COMPARACIONES POR PARES

CRITERIOS	A	B	C	D	E	F	G
A	1						
B		1					
C			1				
D				1			
E					1		
F						1	
G							1

Fuente: Elaboración propia.

Una vez que se han definido objetivo, subobjetivos, criterios, indicadores y pesos, se tiene un esquema parecido al mostrado en la siguiente gráfica.

GRÁFICA A1.1. ESQUEMA DEL ANÁLISIS MULTICRITERIO



Fuente: Elaboración propia.

Es fundamental mencionar que la robustez del análisis está directamente relacionada con la robustez de los datos que se utilicen en el estudio, por lo que se debe hacer un énfasis importante en la recolección de datos, para que sean relevantes, actuales y utilizables en la metodología.

Luego, se debe multiplicar el riesgo de afectación relativo (peso) con la afectación dada por el indicador normalizado de cada uno de los criterios para cada una de las opciones mostradas, lo cual nos da un valor que se agrega con el valor de cada uno de los otros criterios. Cada subobjetivo tendrá un valor de afectación para cada una de las opciones de las rutas, el cual demuestra cuantitativamente la afectación, dada la susceptibilidad relativa y la afectación a cada indicador. Es importante recalcar que cada subobjetivo se puede valorar de manera diferente; es decir, si el tomador de decisiones considera o prioriza algún subobjetivo sobre otro, se puede asignar de nuevo pesos diferentes a cada uno de los subobjetivos para reflejar adecuadamente las prioridades gubernamentales.

Finalmente, cada una de las opciones de rutas que puede tomar la interconexión entre Colombia y Panamá tendrá un valor comparable que refleja la afectación a los diferentes subobjetivos considerados, que además refleja el riesgo de afectación relativa que tienen entre sí, y que permite asignar mayor importancia a los criterios que son más susceptibles a ser afectados por la construcción de estructuras de tendido eléctrico de alta tensión.

## Anexo 2: Matrices ponderación del riesgo

A continuación, se presenta, para cada uno de los subobjetivos, las dos matrices: promedio ponderaciones individuales y ponderación grupal.

TABLA A2.1. MATRIZ DE PONDERACIÓN DE RIESGO-GRUPAL-AFECTACIÓN A LA BIODIVERSIDAD

CRITERIOS*	a	b	c	d	e	F	G	h	i	j	k	l
a	1,00	0,20	0,20	0,20	0,20	1,00	0,20	3,00	0,33	0,25	0,25	0,33
b	5,00	1,00	4,00	0,25	0,25	3,00	0,20	1,00	1,00	0,33	0,33	0,50
c	5,00	0,25	1,00	1,00	0,50	2,00	1,00	3,00	2,00	2,00	4,00	4,00
d	5,00	4,00	1,00	1,00	1,00	4,00	1,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
e	5,00	4,00	2,00	1,00	1,00	4,00	1,00	4,00	4,00	3,00	4,00	4,00
f	1,00	0,33	0,50	0,25	0,25	1,00	0,33	3,00	1,00	1,00	1,00	2,00
g	5,00	5,00	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00	4,00	4,00	4,00	4,00	5,00
h	0,33	1,00	0,33	0,25	0,25	0,33	0,25	1,00	0,33	0,33	0,33	3,00
i	3,00	1,00	0,50	0,25	0,25	1,00	0,25	3,00	1,00	0,50	1,00	2,00
j	4,00	3,00	0,50	0,25	0,33	1,00	0,25	3,00	2,00	1,00	3,00	3,00
k	4,00	3,00	0,25	0,25	0,25	1,00	0,25	3,00	1,00	0,33	1,00	2,00
l	3,00	2,00	0,25	0,25	0,25	0,50	0,20	0,33	0,50	0,33	0,50	1,00

\* a: Áreas importantes de aves. b: Áreas de biodiversidad priorizadas. c: Áreas protegidas. d: Unidades de conservación del jaguar. e: Corredores del jaguar. f: Manglares. g: Arrecifes. h: Presencia de cetáceos. i: Áreas de captura de langosta. j: Presencia de tortugas – manatíes. k: Pesca de invertibrados. l: Zonas de pesca.

Fuente: Elaboración propia.

TABLA A2.2. MATRIZ DE PONDERACIÓN DE RIESGO–PROMEDIO INDIVIDUAL–AFECTACIÓN A LA BIODIVERSIDAD

CRITERIOS	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
a	1,00	1,92	0,81	0,75	0,48	1,54	0,90	2,25	1,38	1,97	1,06	2,02
b	0,52	1,00	2,61	1,33	0,86	3,18	1,22	2,85	2,52	1,93	2,42	3,22
c	1,24	0,38	1,00	1,54	1,42	2,13	1,20	2,82	2,49	2,33	2,75	3,55
d	1,33	0,75	0,65	1,00	0,99	3,27	1,93	3,73	3,11	3,18	3,45	4,18
e	2,11	1,17	0,70	1,02	1,00	3,18	1,63	3,55	3,27	3,27	3,55	4,36
f	0,65	0,31	0,47	0,31	0,31	1,00	0,61	2,42	2,27	1,76	2,09	2,82
g	1,11	0,82	0,83	0,52	0,61	1,63	1,00	3,45	3,45	3,64	3,47	3,75
h	0,44	0,35	0,35	0,27	0,28	0,41	0,29	1,00	1,00	0,86	1,25	2,36
i	0,73	0,40	0,40	0,32	0,31	0,44	0,29	1,00	1,00	1,44	1,84	3,00
j	0,51	0,52	0,43	0,31	0,31	0,57	0,28	1,17	0,69	1,00	2,11	2,45
k	0,94	0,41	0,36	0,29	0,28	0,48	0,29	0,80	0,54	0,47	1,00	2,82
l	0,50	0,31	0,28	0,24	0,23	0,35	0,27	0,42	0,33	0,41	0,35	1,00

\* a: Áreas importantes de aves. b: Áreas de biodiversidad priorizadas. c: Áreas protegidas. d: Unidades de conservación del jaguar. e: Corredores del jaguar. f: Manglares. g: Arrecifes. h: Presencia de cetáceos. i: Áreas de captura de langosta. j: Presencia de tortugas – manatíes. k: Pesca de invertibrados. l: Zonas de pesca.

Fuente: Elaboración propia.

TABLA A2.3. MATRIZ DE PONDERACIÓN DE RIESGO–GRUPAL–INCIDENCIA EN COMUNIDADES INDÍGENAS

CRITERIOS	m	n	o	p	q	r
m		1,00	1,00	1,00	3,00	2,00
n	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	3,00
o	1,00	2,00	1,00	1,00	3,00	1,00
p	1,00	0,33	1,00	1,00	3,00	3,00
q	0,33	0,25	0,33	0,33	1,00	0,33
r	0,50	0,33	1,00	0,33	3,00	1,00

\* m: Carácter sagrado y cultural de territorios étnicos. n: Conflicto por tenencia de tierras. o: Autonomía de comunidades indígenas. p: Poblados. q: Zonas con potencial arqueológico. r: Sitios arqueológicos.

Fuente: Elaboración propia.

TABLA A2.4. MATRIZ DE PONDERACIÓN DE RIESGO–PROMEDIO INDIVIDUAL–INCIDENCIA EN COMUNIDADES INDÍGENAS

CRITERIOS	m	n	o	p	q	r
m	1,00	0,88	1,00	1,00	3,25	1,75
n	1,14	1,00	0,83	2,50	3,75	2,50
o	1,00	1,20	1,00	1,25	2,75	1,50
p	1,00	0,40	0,80	1,00	2,75	2,75
q	0,31	0,27	0,36	0,36	1,00	0,29
r	0,57	0,40	0,67	0,36	3,43	1,00

\* m: Carácter sagrado y cultural de territorios étnicos. n: Conflicto por tenencia de tierras. o: Autonomía de comunidades indígenas. p: Poblados. q: Zonas con potencial arqueológico. r: Sitios arqueológicos.

Fuente: Elaboración propia.

TABLA A2.5. MATRIZ DE PONDERACIÓN DE RIESGO–GRUPAL–INCIDENCIA EN SEGURIDAD NACIONAL

CRITERIOS	s	t
s	1,00	1,80
t	1,67	1,00

\*s: Amenazas a infraestructura. t: Nuevas rutas generadas.

Fuente: Elaboración propia.

TABLA A2.6. MATRIZ DE PONDERACIÓN DE RIESGO–PROMEDIO INDIVIDUAL–INCIDENCIA EN SEGURIDAD NACIONAL

CRITERIOS	s	t
s	1,00	1,00
t	1,00	1,00

\*s: Amenazas a infraestructura. t: Nuevas rutas generadas.

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 3: Rutas alternativas

TABLA A3.1. USO DE SUELO

CATEGORÍAS	VALORES RE-CLASIFICADOS
Bosque latifoliado mixto maduro	8
Bosque latifoliado mixto secundario	8
Bosque de mangle	6
Bosque de cativo	6
Bosque de rafia	6
Bosque plantado de coníferas	6
Bosque plantado de latifoliadas	6
Rastrojo y vegetación arbustiva	3
Vegetación herbacea	3
Vegetación baja inundable	3
Afloramiento rocoso y tierra desnuda	4
Playa y arenal natural	4
Otro cultivo permanente	5
Arroz	5
Maíz	5
Piña	5
Otro cultivo anual	5
Área heterogénea de producción agropecuaria	2
Pasto	2
Superficie de agua	3
Área poblada	5
Infraestructura	5
Explotación minera	5
Estanque para acuicultura	5
Otros	5

Fuente: Elaboración propia.

TABLA A3.2. MATRIZ PENDIENTE

VALORES ORIGINALES (GRADOS)	VALORES RECLASIFICADOS
0-6	1
6-12	2
12-18	3
18-25	4
25-32	5
32-40	6
40-50	7
50-62	8
62-79	9
79-90	10
NoData	NoData

Fuente: Elaboración propia.

TABLA A3.3. DISTANCIA A VÍAS

VALORES ORIGINALES (METROS)	VALORES RECLASIFICADOS
0-2.000	1
2.000-4.000	2
4.000-6.000	3
6.000-8.000	4
8.000-10.000	5
10.000-20.000	6
20.000-40.000	7
40.000-60.000	8
60.000-80.000	9
80.000-91.262	10
NoData	NoData

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 4: Modelo nuevas vías

TABLA A4.1. USO DE SUELO (GENERACIÓN DE VÍAS)

CATEGORÍAS	VALORES RE-CLASIFICADOS
Bosque latifoliado mixto maduro	8
Bosque latifoliado mixto secundario	8
Bosque de mangle	6
Bosque de cativo	6
Bosque de rafia	6
Bosque plantado de coníferas	6
Bosque plantado de latifoliadas	6
Rastrojo y vegetación arbustiva	4
Vegetación herbacea	4
Vegetación baja inundable	6
Afloramiento rocoso y tierra desnuda	4
Playa y arenal natural	6
Otro cultivo permanente	5
Arroz	5
Maíz	5
Piña	5
Otro cultivo anual	5
Área heterogénea de producción agropecuaria	2
Pasto	2
Superficie de agua	8
Área poblada	3
Infraestructura	2
Explotación minera	6
Estanque para acuicultura	8
Otros	5

Fuente: Elaboración propia.



TABLA A4.2. PENDIENTE (GENERACIÓN DE VÍAS)

VALORES ORIGINALES (GRADOS)	VALORES RECLASIFICADOS
0-6	1
6-12	2
12-18	3
18-25	4
25-32	5
32-40	6
40-50	7
50-62	8
62-86	9
NoData	NoData

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 5: Proyectos de interconexión utilizados como referencia

A continuación, se presenta un cuadro con el resumen de proyectos sobre los cuales se estimaron los costos para los tramos marinos de la interconexión.

TABLA A5.1. PROYECTOS DE REFERENCIA QUE INCLUYE TENDIDO SUBMARINO DE ALTA TENSIÓN

EMPRESA	PROYECTO	CAPACIDAD	LONGITUD (km)	PROFUNDIDAD (m)	PROFUNDIDAD ENTERRADO (m)	COSTO (MILLONES USD)	COSTO (MILLONES USD POR km)	AÑO DE CONSTRUCCIÓN
NKT	Baltic 1	150kV	61		-	-		2009-2011
NKT	Baltic 2	150kV	57		3	-		2013
NKT	Gwynt y Mor	132kV	88		-	-		2013
NKT	Cork Harbour	220kV	22	25	1 a 2	-		2011
Prysmian	SylWin	320kV	159			340	2,14	2012-2015
ABB	NorNEd	450kV	580			1.000	1,72	2006-2007
Prysmian	WesternLink	600kV	420		1,5	1.000	1,90	2012
Nexans	Estlink 2	450kV	145	90		200	1,24	2007-2014
	BritNed	450kV	260			600	2,31	2009-2011
ABB	Estlink	150kV	74	100		45	0,61	2005-2006

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 6: Descripción de criterios

### A. Afectación biodiversidad

El riesgo de afectación a la biodiversidad se divide en dos categorías: afectación a la biodiversidad marina y afectación a la biodiversidad terrestre. Ambas categorías se describen a continuación.

#### A.1 Afectación a la biodiversidad marina

Para el análisis de riesgo de afectación a la biodiversidad marina se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- *Arrecifes*: lugares donde existe arrecifes, y su distribución a lo largo de la costa.
- *Cetáceos*: lugares con presencia de cetáceos.
- *Manatí-tortuga*: puntos que representan la distribución de manatíes y tortugas.
- *Langosta*: áreas con presencia de langostas.
- *Manglares*: áreas con presencia de manglares.
- *Pesca de invertebrados*: áreas de pesca de invertebrados.
- *Zonas de pesca Guna Yala*: este criterio determina las zonas de pesca artesanal que son frecuentemente utilizadas por habitantes de la Comarca Guna Yala.

El impacto del sistema constructivo y los efectos de cables de alta tensión sobre la biodiversidad marina se han demostrado como mínimos (Kogan *et al.*, 2006; OSPAR Comisión, 2009; Karlsdóttir, 2013), por lo que se definió que los valores de afectación para los criterios de Áreas de captura de langosta y Áreas de pesca de invertebrados no son significativos.

En el caso de los criterios Áreas con presencia de manatí-tortuga, Zonas de pesca y Zonas con presencia de cetáceos, se contabilizó la cantidad de puntos que se verían afectados si la interconexión los atravesaba. La afectación más importante de la interconexión sobre la biodiversidad marina se encuentra en los arrecifes, los cuales son muy sensibles a perturbaciones externas y, además, tienen riesgo de ser afectados, ya que en muchos casos se debe enterrar el cable al menos un metro bajo el lecho marino, lo que representa crear una fosa a lo largo del trazado marino. En este caso, se definió un *buffer* de 10 m, donde existiría una afectación potencial del trazado marino, según estudios previos (OSPA, 2009).

#### A.2 Afectación a la biodiversidad terrestre

Para el análisis de riesgo de afectación a la biodiversidad terrestre se han considerado los siguientes criterios:

- *Unidades de conservación del jaguar*: se refiere a las áreas que tienen al menos 50 jaguares en etapa de madurez reproductiva, una base diversa y estable de presas, y un hábitat adecuado para mantener una población de jaguares viable en el futuro.

- *Corredores del jaguar*: corredor de menor costo, basado en las unidades de conservación a lo largo del rango del jaguar.
- *Áreas protegidas*: Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Panamá (SINAP); estas son áreas geográficas terrestre, costera, marina o lacustre, declaradas legalmente para satisfacer objetivos de conservación, recreación, educación o investigación de los recursos naturales y culturales.
- *Áreas de biodiversidad*: representa las áreas importantes para aves y las áreas clave para biodiversidad en la República de Panamá; estas son zonas de importancia mundial para la conservación de la biodiversidad, que tiene una alta probabilidad de extinción en corto o mediano plazo. En dichas áreas habitan especies de plantas y animales que requieren medidas especiales para prevenir su extinción.
- *Áreas de aves*: áreas importantes para las aves en la República de Panamá, según investigaciones realizadas por la Sociedad Audubon y BirdLife International.

Para la afectación terrestre de los criterios que tenían como indicador “cantidad de km<sup>2</sup> afectados”, se calculó la deforestación que ocasionarían las rutas de interconexión sobreponiendo los mapas de deforestación con los mapas de áreas de riesgo, a fin de calcular las áreas, en estas zonas, que serían afectadas por la ejecución de las diferentes rutas de interconexión.

## B. Incidencia en comunidades indígenas

Los criterios que se incorporaron para el análisis son los siguientes:

- *Territorios étnicos de carácter sagrado y cultural*: representa zonas que tienen una importancia religiosa y/o cultural para las comunidades.
- *Conflictos por tenencia de tierras*: áreas donde existen conflictos por la tenencia de tierra y los derechos sobre esta.
- *Aprobación de comunidades indígenas*: áreas que necesitan la aprobación de un congreso indígena para que el proyecto atraviese el territorio.
- *Poblados*: representa los diferentes poblados en el área de estudio.
- *Sitios arqueológicos*: sitios delimitados que tienen una importancia arqueológica.
- *Sitios con potencial arqueológico*: áreas que presentan indicios de importancia arqueológica, ya sea que estén, o no, alteradas.

Los criterios Conflicto por tenencia de tierra, Carácter sagrado y cultural de territorios étnicos y Zonas con potencial arqueológico tienen como indicador “cantidad de km<sup>2</sup> afectados”, por lo que se calculó la deforestación que ocasionarían las rutas de interconexión sobreponiendo los mapas de deforestación con los mapas de áreas de riesgo, a fin de calcular las áreas, en estas zonas, que serían afectadas por la ejecución de las diferentes rutas de interconexión. Para el criterio Sitios arqueológicos, se contabilizó la cantidad de puntos afectados por la interconexión. Para Poblados, se tomó en cuenta los poblados que se ven afectados por la interconexión dentro del *buffer* de 3 km delimitado para las diferentes

rutas. Para Autonomía de comunidades indígenas, se evaluó la cantidad de aprobaciones por comarca que deben ser obtenidas para generar el proyecto.

## C. Incidencia en seguridad nacional

Los criterios que se tomaron en cuenta para analizar el tema de seguridad nacional son los siguientes:

- *Amenaza a infraestructura*: costo que tienen que afrontar los gobiernos para evitar posibles atentados contra las torres de transmisión, ampliando el resguardo armado de las mismas.
- *Nuevas rutas generadas*: cantidad y extensión de las rutas que tienen una alta probabilidad de generarse, a partir de la construcción de la línea de transmisión, en la zona fronteriza. Estas nuevas rutas podrían ser usadas para actividades ilícitas por parte de grupos armados en la zona.

Los criterios de seguridad nacional se evaluaron según lo establecido previamente en la descripción de este componente. La cantidad de kilómetros de rutas generadas están dados por el modelo de carreteras utilizado. Los valores de inversión en protección de infraestructura fueron estimados a partir del informe del Servicio Nacional de Fronteras (2014).

## D. Fuentes de datos utilizadas

A continuación, en la tabla A6.1, se puede ver cuáles fueron las fuentes de información utilizadas para describir a los diferentes criterios.

TABLA A6.1. FUENTES DE INFORMACIÓN–CRITERIOS

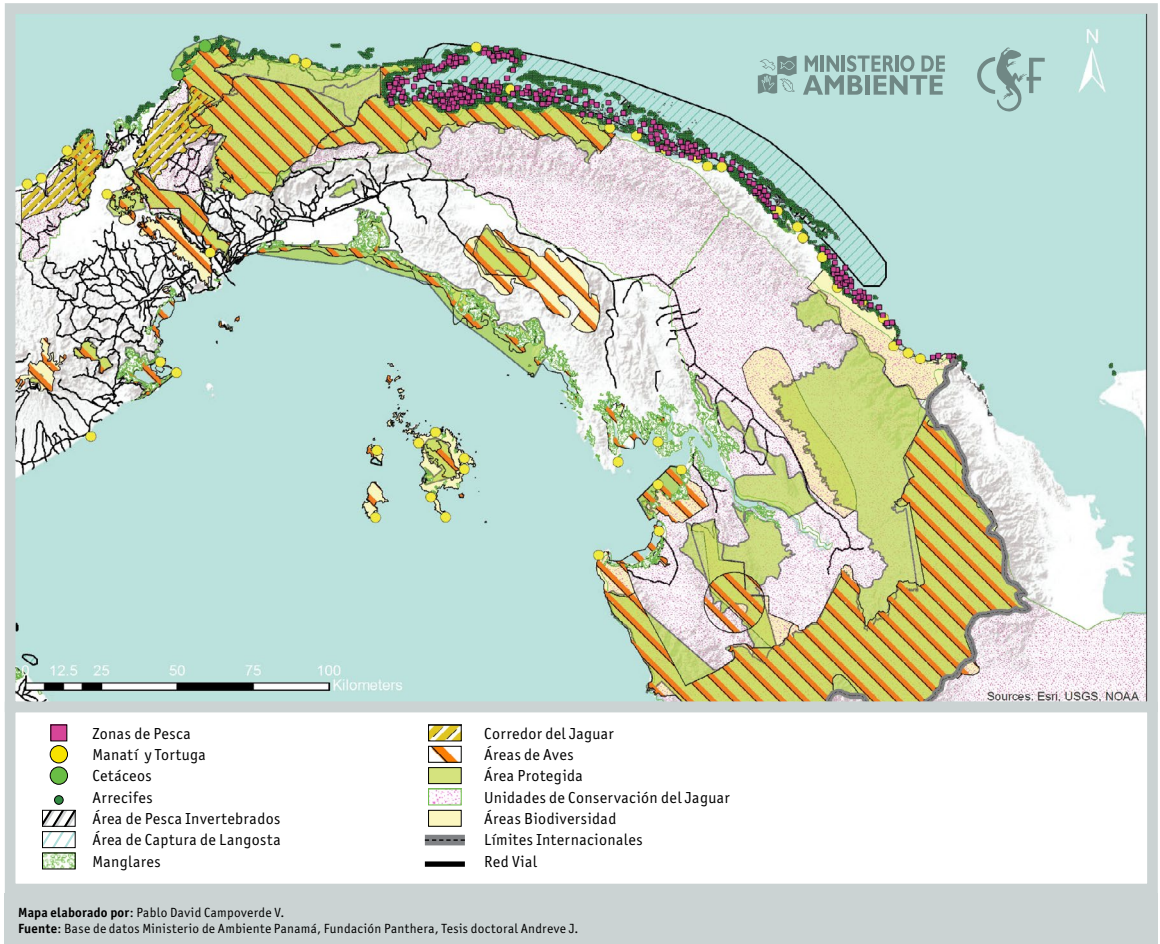
CATEGORÍAS	FUENTE DE DATOS
Corredores del jaguar	Fundación Panthera
Arrecifes	Base de datos del Ministerio de Ambiente, Panamá
Unidades de conservación del jaguar	Fundación Panthera
Áreas protegidas	Base de datos del Ministerio de Ambiente, Panamá
Áreas con presencia de manatí-tortuga	Base de datos del Ministerio de Ambiente, Panamá
Áreas de biodiversidad priorizadas	Base de datos del Ministerio de Ambiente, Panamá
Áreas de pesca de invertebrados	Base de datos del Ministerio de Ambiente, Panamá
Áreas de captura de langosta	Base de datos del Ministerio de Ambiente, Panamá
Manglares	Base de datos del Ministerio de Ambiente, Panamá
Zonas de pesca	Tesis doctoral de Jorge Andreve
Zonas con presencia de cetáceos	Base de datos del Ministerio de Ambiente, Panamá
Áreas importantes de aves	Base de datos del Ministerio de Ambiente, Panamá
Conflicto por tenencia de tierras	Consultoría colombiana–ICP
Autonomía de comunidades indígenas	Base de datos del Ministerio de Ambiente, Panamá
Carácter sagrado y cultural de territorios étnicos	Consultoría colombiana–ICP
Poblados	Base de datos del Ministerio de Ambiente, Panamá
Sitios arqueológicos	Consultoría colombiana – ICP; base de datos del Ministerio de Ambiente, Panamá
Zonas con potencial arqueológico	Base de datos del Ministerio de Ambiente, Panamá
Protección de infraestructura	Base de datos del Ministerio de Ambiente, Panamá
Nuevas rutas generadas	Base de datos del Ministerio de Ambiente, Panamá

Fuente: Elaboración propia.

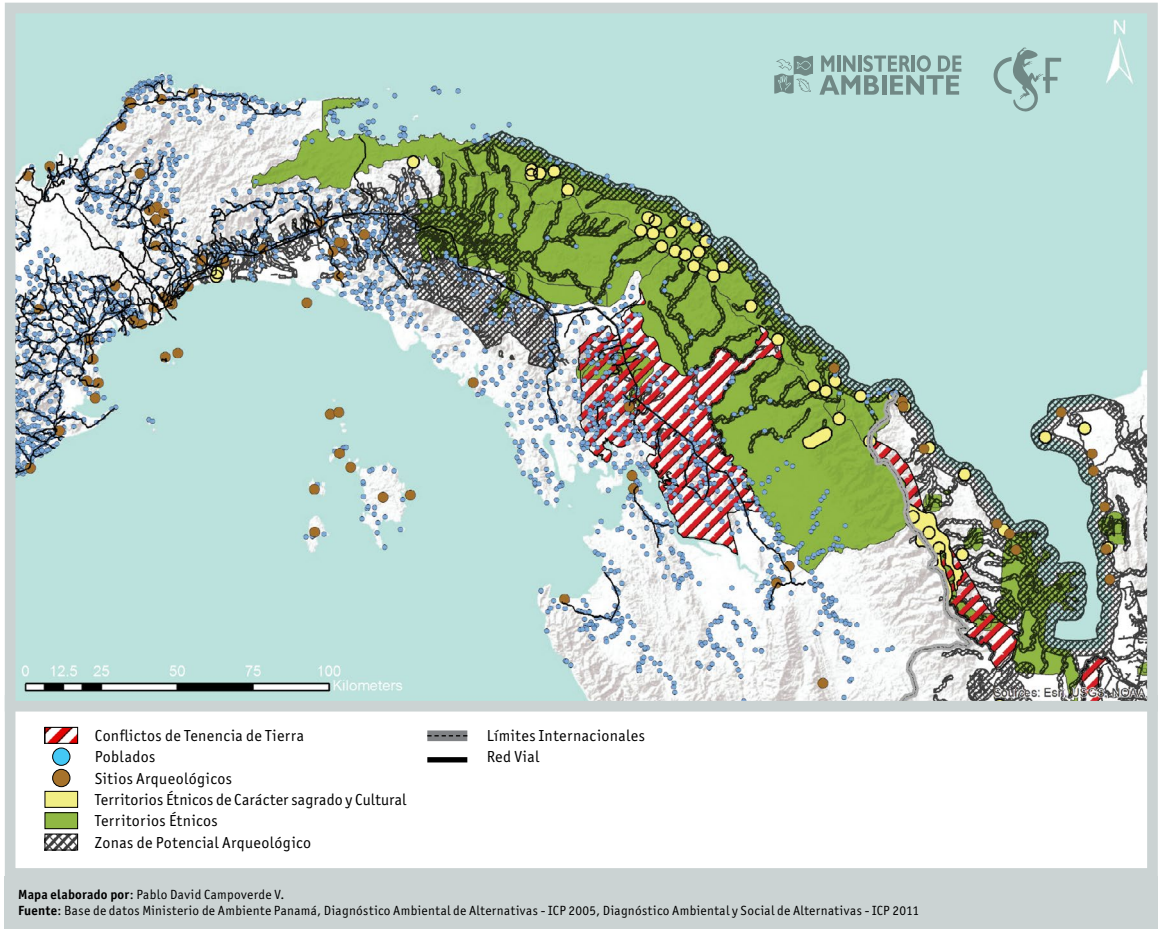
## E. Mapas de riesgo

A continuación, se presentan los mapas de riesgo diferenciados por criterio.

MAPA A6.1. MAPA DE RIESGOS A LA BIODIVERSIDAD (ILUSTRACIÓN ALTERNATIVA)



MAPA A6.2. MAPA DE RIESGOS SOCIALES (ILUSTRACIÓN ALTERNATIVA)



## Anexo 7. Tablas de afectación utilizadas para obtener el índice de riesgo

La comparabilidad entre los diferentes criterios se estableció a través de una estandarización de todos los valores de afectación dados por cada indicador. Este proceso se realizó para cada valor de afectación de cada uno de los criterios para cada una de las rutas, utilizando la siguiente fórmula:

$$V_s = (V_a - V_m) / (V_M - V_m) * \text{Rango}$$

Donde  $V_s$  es el valor de afectación estandarizado;  $V_a$  es el valor de afectación total;  $V_m$  y  $V_M$  son los valores mínimo y máximo, respectivamente, de afectación de ese criterio entre las diferentes rutas; y Rango se refiere al rango de valores que la estandarización tomará, en este caso, de 0 a 100. La Tabla A7.1 muestra la afectación estandarizada. Esta fue creada a partir de la afectación por criterio (Tabla 8, sección 3.1.5) y la utilización de la fórmula descrita.

TABLA A7.1. AFECTACIÓN ESTANDARIZADA POR CRITERIO

CRITERIOS	INDICADOR	Afectación estandarizada–Max = 100			
		Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	Ruta 4
Corredores del jaguar	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	0,0	0,0	100,0	0,0
Arrecifes	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	0,0	72,9	82,6	100,0
Unidades de conservación del jaguar	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	82,6	100,0	0,0	33,2
Áreas protegidas	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	100,0	25,6	0,0	18,9
Áreas con presencia de manatí-tortuga	Cantidad de Puntos Afectados	0,0	0,0	0,0	0,0
Áreas de biodiversidad priorizadas	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	84,7	100,0	0,0	48,1
Áreas de pesca de invertebrados	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	0,0	0,0	0,0	0,0
Áreas de captura de langosta	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	0,0	0,0	0,0	0,0
Manglares	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	38,4	53,7	0,0	100,0
Zonas de pesca	Cantidad de puntos afectados	0,0	0,0	0,0	0,0
Zonas con presencia de cetáceos	Cantidad de puntos afectados	0,0	0,0	0,0	0,0
Áreas importantes de aves	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	100,0	99,9	0,0	99,9
Conflicto por tenencia de tierras	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	62,2	100,0	0,0	3,8
Autonomía de comunidades indígenas	Cantidad de comunidades afectadas	50,0	100,0	0,0	100,0
Carácter sagrado y cultural de territorios étnicos	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	6,8	19,4	0,0	100,0
Poblados	Cantidad de poblados afectados	100,0	68,6	0,0	60,0
Sitios arqueológicos	Cantidad de puntos afectados	33,5	100,0	52,3	0,0
Zonas con potencial arqueológico	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	80,7	100,0	0,0	88,7
Protección de infraestructura	Inversión en seguridad (millones de USD)	100,0	66,7	0,0	33,3
Nuevas rutas generadas	Km de rutas generadas	100,0	88,4	0,0	72,6

Fuente: Elaboración propia.



La Tabla A7.2 muestra la afectación estandarizada y ponderada. Con la afectación estandarizada (Tabla A7.1), se procede a multiplicar cada uno de los valores por criterio con el ponderador asignado previamente en la sección 3.1.2 (Tabla 5, ponderador grupal).

TABLA A7.2. AFECTACIÓN POR CRITERIO, ESTANDARIZADA Y PONDERADA

CRITERIOS	INDICADOR	Afectación estandarizada–Max = 100			
		Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	Ruta 4
Corredores del jaguar	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	0,0	0,0	16,2	0,0
Arrecifes	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	0,0	11,8	13,4	16,2
Unidades de conservación del jaguar	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	13,2	16,0	0,0	5,3
Áreas Protegidas	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	11,2	2,9	0,0	2,1
Áreas con presencia de manatí-tortuga	Cantidad de puntos afectados	0,0	0,0	0,0	0,0
Áreas de biodiversidad priorizadas	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	6,4	7,5	0,0	3,6
Áreas de pesca de invertebrados	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	0,0	0,0	0,0	0,0
Áreas de captura de langosta	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	0,0	0,0	0,0	0,0
Manglares	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	1,8	2,6	0,0	4,8
Zonas de pesca	Cantidad de puntos afectados	0,0	0,0	0,0	0,0
Zonas con presencia de cetáceos	Cantidad de puntos afectados	0,0	0,0	0,0	0,0
Áreas importantes de aves	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	2,9	2,9	0,0	2,9
Conflicto por tenencia de tierras	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	15,4	24,8	0,0	0,9
Autonomía de comunidades indígenas	Cantidad de comunidades afectadas	10,4	20,7	0,0	20,7
Carácter sagrado y cultural de territorios étnicos	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	1,3	3,7	0,0	19,0
Poblados	Cantidad de poblados afectados	18,3	12,5	0,0	11,0
Sitios arqueológicos	Cantidad de puntos afectados	3,9	11,7	6,1	0,0
Zonas con potencial arqueológico	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	4,4	5,5	0,0	4,9
Protección de infraestructura	Inversión en seguridad (millones de USD)	50,0	33,3	0,0	16,7
Nuevas rutas generadas	Km de rutas generadas	50,0	44,2	0,0	36,3

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 8. Otros escenarios utilizados

Con el objeto de seleccionar los escenarios que mejor se ajustaran a la realidad y realizar análisis de sensibilidad, se corrió más de un escenario para cada una de las rutas propuestas. Tanto el modelo de carreteras y de deforestación, como el Análisis Multicriterio, fueron desarrollados para los distintos escenarios. La diferencia entre los escenarios, para cada ruta, es el *buffer* de influencia seleccionado, y la consideración o no de la generación de una vía paralela, a lo largo del trazado de interconexión, en zonas donde no existía una red vial. Los siguientes escenarios fueron considerados:

- Ruta 1–*buffer* de 3 km\*
- Ruta 2–*buffer* de 3 km
- Ruta 2–*buffer* de 3 km + vía paralela\*
- Ruta 2–*buffer* de 15 km
- Ruta 2–*buffer* de 15 km + vía paralela
- Ruta 3–*buffer* de 3 km\*
- Ruta 4–*buffer* de 3 km
- Ruta 4–*buffer* de 3 km + vía paralela\*
- Ruta 4–*buffer* de 15 km
- Ruta 4–*buffer* de 15 km + vía paralela

En el documento principal aparecen los escenarios que, de acuerdo al criterio técnico, mejor se ajustan a la realidad (señalados arriba con \*). Para todas las rutas, los escenarios en el documento principal tienen un *buffer* de influencia de 3 km. Por su parte, en los escenarios donde el trazado atraviesa zonas con baja conectividad vial y alta presión para la generación de nuevas rutas, se añadió en el análisis una ruta paralela a la interconexión (rutas 2 y 4), con el fin de incluir todas las posibilidades en el estudio. Asimismo, se corrieron escenarios con un *buffer* de 15 km para las rutas 2 y 4, debido a la inexistencia de una red vial, poblados o concesiones forestales dentro del *buffer* de 3 km para estos trazados. Sin embargo, la adopción de un *buffer* de 15 km se volvió innecesaria al incluir vías de servidumbre paralelas a las rutas de interconexión.

En el caso de la Ruta 1, no se añadió una vía paralela, ya que en la única zona de baja conectividad vial, ubicada en el Darién panameño, ICP ha propuesto la utilización de un sistema constructivo helicoportado, el cual minimiza la creación de una servidumbre a lo largo del trazado de interconexión; además, por ser un área protegida, la generación de una vía se mostraba opuesta a las políticas de protección de la biodiversidad del Ministerio de Ambiente, por lo que se descartó del análisis. Finalmente, para la Ruta 3 no se generó una vía paralela, dado que la red vial presente era abundante, de modo que la presión para la generación de una nueva vía no fue relevante. A continuación, se presenta la tabla de deforestación total para los escenarios mencionados.

TABLA A8.1. DEFORESTACIÓN TOTAL POR ESCENARIO

	Ruta 1* <i>buffer</i> 3 km	Ruta 2 <i>buffer</i> 3 km	Ruta 2* <i>buffer</i> 3 km + vía paralela	Ruta 2 <i>buffer</i> 15 km	Ruta 2 <i>buffer</i> 15 km + vía paralela	Ruta 3* <i>buffer</i> 3 km	Ruta 4 <i>buffer</i> 3 km	Ruta 4* <i>buffer</i> 3 km + vía paralela	Ruta 4 <i>buffer</i> 15 km	Ruta 4 <i>buffer</i> 15 km + vía paralela
Deforestación estimada a 25 años (km <sup>2</sup> ) según modelo deforestación	95,40	76,12	112,04	122,54	142,74	15,39	75,13	90,36	117,76	126,08
Deforestación colocación de torres y servidumbre año 1 (km <sup>2</sup> )	4,89	4,87	5,16	4,87	5,16	0,58	4,99	5,17	4,99	5,17
<b>Total (km<sup>2</sup>)</b>	<b>100,29</b>	<b>15,97</b>	<b>95,53</b>	<b>100,29</b>	<b>117,21</b>	<b>15,97</b>	<b>95,53</b>	<b>117,21</b>	<b>15,97</b>	<b>95,53</b>

Fuente: Elaboración propia.

Con el modelo de deforestación se construyeron las tablas para el Análisis Multicriterio. La Tabla A8.2 muestra las áreas totales afectadas según el indicador.

TABLA A8.2. AFECTACIÓN DEL INDICADOR POR CRITERIO Y POR ESCENARIO

CRITERIOS	INDICADOR	AFECTACIÓN TOTAL												
		Ruta 1* buffer 3 km	Ruta 2 buffer 3 km	Ruta 2* buffer 3 km + vía paralela	Ruta 2 buffer 15 km	Ruta 2 buffer 15 km + vía paralela	Ruta 3* buffer 3 km	Ruta 4 buffer 3 km	Ruta 4* buffer 3 km + vía paralela	Ruta 4 buffer 15 km	Ruta 4 buffer 15 km + vía paralela			
Corredores del jaguar	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Arrecifes	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Unidades de conservación del jaguar	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	52,4	28,0	62,2	70,0	89,7	6,2	16,4	51,8	57,3				
Áreas protegidas	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	18,3	4,5	4,7	7,9	8,0	0,1	3,5	3,6	3,5				
Áreas con presencia de manatí-tortuga	Cantidad de puntos afectados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
Áreas de biodiversidad priorizadas	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	34,6	26,9	40,8	45,6	49,0	0,1	19,4	20,1	20,1				
Áreas de pesca de invertebrados	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
Áreas de captura de langosta	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
Manglares	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	0,4	0,6	0,6	0,8	0,8	0,0	0,9	1,2	1,2				
Zonas de pesca	Cantidad de puntos afectados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
Zonas con presencia de cetáceos	Cantidad de puntos afectados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
Áreas importantes de aves	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	19,4	19,3	19,3	19,3	19,4	0,0	19,3	19,4	19,4				
Conflicto por tenencia de tierras	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	26,6	14,1	42,7	37,2	55,8	0,0	0,1	0,7	1,9				
Autonomía de comunidades indígenas	Cantidad de comunidades afectadas	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0	2,0	2,0	2,0				
Carácter sagrado y cultural de territorios étnicos	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	0,3	0,6	0,9	1,4	1,4	0,0	2,8	4,2	5,3				
Poblados	Cantidad de poblados afectados	45,0	34,0	34,0	39,0	39,0	10,0	31,0	33,0	33,0				
Sitios arqueológicos	Cantidad de puntos afectados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
Zonas con potencial arqueológico	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	46,3	50,8	57,1	66,1	67,4	1,1	48,0	59,6	60,5				
Protección de infraestructura	Inversión en seguridad (millones de USD)	10,5	7,0	7,0	7,0	7,0	0,0	3,5	3,5	3,5				
Nuevas rutas generadas	Km de rutas generadas	252,0	175,0	227,3	329,0	381,3	40,0	152,0	246,5	288,0				

Fuente: Elaboración propia.

Con el fin de mostrar todos los resultados, se ha incluido un Análisis Multicriterio entre todos los escenarios, lo que produce que el índice mostrado en los resultados contenidos en el documento principal tenga diferentes valores. Esto se debe a que, al ser un análisis comparativo, cuando se incluyen nuevos valores los índices totales cambian.

Al igual que con la metodología descrita en el documento principal, en base a la afectación según el indicador (Tabla A8.2) se procedería a estandarizar los valores, los cuales se muestran en la Tabla A8.3.

TABLA A8.3. AFECTACIÓN DEL INDICADOR, ESTANDARIZADA POR CRITERIO Y POR ESCENARIO

CRITERIOS	INDICADOR	AFECTACIÓN TOTAL									
		Ruta 1* buffer 3 km	Ruta 2 buffer 3 km	Ruta 2* buffer 3 km + vía paralela	Ruta 2 buffer 15 km	Ruta 2 buffer 15 km + vía paralela	Ruta 3* buffer 3 km	Ruta 4 buffer 3 km	Ruta 4* buffer 3 km + vía paralela	Ruta 4 buffer 15 km	Ruta 4 buffer 15 km + vía paralela
Corredores del jaguar	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Arrecifes	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	0,0	72,9	72,9	72,9	72,9	82,6	100,0	100,0	100,0	100,0
Unidades de conservación jaguar	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	55,3	26,1	67,0	76,4	100,0	0,0	12,2	54,5	61,1	15,0
Áreas protegidas	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	78,7	18,9	20,1	34,0	34,1	0,0	14,9	15,0	15,0	0,0
Áreas con presencia de manatí-tortuga	Cantidad de puntos afectados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Áreas de biodiversidad priorizadas	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	70,5	54,9	83,2	93,0	100,0	0,0	39,6	41,1	41,0	0,0
Áreas de pesca de invertebrados	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Áreas de captura de langosta	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Manglares	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	33,9	46,8	47,4	61,1	61,4	0,0	73,8	96,8	100,0	0,0
Zonas de pesca	Cantidad de puntos afectados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zonas con presencia de cetáceos	Cantidad de puntos afectados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Áreas importantes de aves	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	100,0	99,9	99,9	99,9	99,9	0,0	99,9	100,0	100,0	0,0
Conflicto por tenencia de tierras	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	47,6	25,2	76,6	66,6	100,0	0,0	0,1	1,2	3,4	0,0
Autonomía de comunidades indígenas	Cantidad de comunidades afectadas	50,0	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0	0,0
Carácter sagrado y cultural de territorios étnicos	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	6,1	11,6	17,5	27,1	27,2	0,0	54,0	80,1	100,0	0,0
Poblados	Cantidad de poblados afectados	100,0	68,6	68,6	82,9	82,9	0,0	60,0	65,7	65,7	0,0
Sitios arqueológicos	Cantidad de puntos afectados	12,5	11,6	37,3	100,0	100,0	19,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Zonas con potencial arqueológico	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	68,2	74,9	84,5	98,0	100,0	0,0	70,7	88,3	89,6	0,0
Protección de infraestructura	Inversión en seguridad (millones USD)	100,0	66,7	66,7	66,7	66,7	0,0	33,3	33,3	33,3	0,0
Nuevas rutas generadas	Km de rutas generadas	62,1	39,6	54,9	84,7	100,0	0,0	32,8	60,5	72,6	0,0

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A8.4 se muestra los valores estandarizados que luego fueron multiplicados por los ponderadores obtenidos en la reunión de expertos.

TABLA A8.4. AFECTACIÓN DEL INDICADOR, ESTANDARIZADA Y PONDERADA POR CRITERIO Y POR ESCENARIO

CRITERIOS	INDICADOR	AFECTACIÓN TOTAL											
		Ruta 1* buffer 3 km	Ruta 2 buffer 3 km	Ruta 2* buffer 3 km + vía paralela	Ruta 2 buffer 15 km	Ruta 2 buffer 15 km + vía paralela	Ruta 3* buffer 3 km	Ruta 4 buffer 3 km	Ruta 4* buffer 3 km + vía paralela	Ruta 4 buffer 15 km	Ruta 4 buffer 15 km + vía paralela		
Corredores del jaguar	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Arrecifes	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	0,0	11,8	11,8	11,8	11,8	13,4	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2
Unidades de conservación jaguar	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	8,9	4,2	10,7	12,2	3,8	0,0	0,0	2,0	3,6	8,7	1,7	9,8
Áreas protegidas	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	8,8	2,1	2,3	3,8	3,8	0,0	0,0	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Áreas con presencia de manatí-tortuga	Cantidad de puntos afectados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Áreas biodiversidad priorizadas	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	5,3	4,1	6,2	7,0	7,5	0,0	0,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1
Áreas de pesca de invertebrados	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	0,0	5,7	0,0	5,7	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Áreas de captura de langosta	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Manglares	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	1,6	2,2	2,3	2,9	2,9	0,0	0,0	3,5	4,2	4,6	4,6	4,8
Zonas de pesca	Cantidad de puntos afectados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zonas con presencia de cetáceos	Cantidad de puntos afectados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Áreas importantes de aves	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	0,0	0,0	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
Conflicto por tenencia de tierras	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	11,8	6,3	19,0	16,5	24,8	0,0	0,0	0,0	0,7	0,3	0,3	0,9
Autonomía de comunidades indígenas	Cantidad de comunidades afectadas	10,4	20,7	20,7	20,7	20,7	0,0	0,0	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7
Carácter sagrado y cultural de territorios étnicos	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	1,2	2,2	3,3	5,2	5,2	0,0	0,0	10,3	17,1	15,2	15,2	19,0
Poblados	Cantidad de poblados afectados	18,3	12,5	12,5	15,2	15,2	0,0	0,0	11,0	11,0	12,0	12,0	12,0
Sitios arqueológicos	Cantidad de puntos afectados	1,5	1,4	4,4	11,7	11,7	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zonas con potencial arqueológico	Cantidad de km <sup>2</sup> afectados	3,8	4,1	4,6	5,4	5,5	0,0	0,0	3,9	4,1	4,9	4,9	4,9
Protección de infraestructura	Inversión en seguridad (millones de USD)	50,0	33,3	33,3	33,3	33,3	0,0	0,0	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7
Nuevas rutas generadas	Km de rutas generadas	31,1	19,8	27,4	42,3	50,0	0,0	0,0	16,4	22,6	30,3	30,3	36,3

Fuente: Elaboración propia.

Al sumar los valores obtenidos a partir de la estandarización ponderada según el subobjetivo planteado, se obtiene el indicador de riesgo acumulado mostrado en la Tabla A8.5.

TABLA A8.5. ÍNDICE DE RIESGO ACUMULADO

DESCRIPCIÓN	Ruta 1* <i>buffer</i> 3 km	Ruta 2 <i>buffer</i> 3 km	Ruta 2* <i>buffer</i> 3 km + vía pa- ralela	Ruta 2 <i>buffer</i> 15 km	Ruta 2 <i>buffer</i> 15 km + vía paralela	Ruta 3* <i>buffer</i> 3 km	Ruta 4 <i>buffer</i> 3 km	Ruta 4* <i>buffer</i> 3 km + vía pa- ralela	Ruta 4 <i>buffer</i> 15 km	Ruta 4 <i>buffer</i> 15 km + vía paralela
Afectación biodiversidad	27	33	36	46	51	30	29	32	37	38
Incidencia en comunidades indígenas	47	47	65	75	83	2	46	54	53	58
Incidencia en seguridad nacional	81	53	61	76	83	0	33	39	47	53
Total	155	133	162	197	217	32	108	124	137	149

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, al ponderar los resultados según el subobjetivo, se obtiene la calificación final por ruta y escenario, como se muestra en la Tabla A8.6.

TABLA A8.6. ÍNDICE DE RIESGO ACUMULADO Y PONDERADO

DESCRIPCIÓN	Ruta 1* <i>buffer</i> 3 km	Ruta 2 <i>buffer</i> 3 km	Ruta 2* <i>buffer</i> 3 km + vía paralela	Ruta 2 <i>buffer</i> 15 km	Ruta 2 <i>buffer</i> 15 km + vía paralela	Ruta 3* <i>buffer</i> 3 km	Ruta 4 <i>buffer</i> 3 km	Ruta 4* <i>buffer</i> 3 km + vía paralela	Ruta 4 <i>buffer</i> 15 km	Ruta 4 <i>buffer</i> 15 km + vía paralela
Afectación biodiversidad	9	11	12	15	17	10	10	11	12	13
Incidencia en comunidades indígenas	16	16	22	25	28	1	15	18	18	19
Incidencia en seguridad nacional	27	18	20	25	28	0	11	13	16	18
Total	52	44	54	66	72	11	36	41	46	50

Fuente: Elaboración propia.

Para concluir, se puede notar, con los resultados resumidos en la Tabla A8.6, que la inclusión de una vía paralela genera un impacto importante, aumentando el índice de riesgo de las alternativas, en promedio, un 15%. Este aumento se da porque la nueva vía generada produce deforestación, consecuentemente, las alternativas que atraviesan áreas más extensas de biodiversidad importantes o áreas extensas donde se ha definido algún criterio de incidencia social, como zonas en conflicto de tenencia de tierras, se ven mayormente afectadas con la inclusión de una vía paralela, como se puede ver en la alternativa “Ruta 2 *buffer* 3 km + vía paralela”. Cabe recalcar, nuevamente, que el índice mostrado para cada ruta, en los resultados contenidos en el documento principal, tiene diferentes valores, debido a que, al ser un análisis comparativo, cuando se incluyen nuevos valores los índices totales cambian.



**Edición 1** – Análise de viabilidade sócio-econômico-ambiental de transposição de águas de bacia do Rio Tocantins para Rio São Francisco na região do Jalapão/TO (2002). faní mamede, paulo garcia y wilson cabral de souza júnior

**Edición 2** – Valoração econômica do Parque Estadual Morro do Diabo (SP) (2003). cristina adams, cristina aznar, ronaldo seroa da motta, ramón ortiz y john reid

**Edición 3** – Pavimentação da BR-163 e os desafios à sustentabilidade: uma análise econômica, social e ambiental (2005). ane alencar, laurent micol, john reid, marcos amend, marília oliveira, vivian zeideman y wilson cabral de Sousa

**Edición 4** – Custos e benefícios do complexo hidrelétrico Belo Monte: Uma abordagem econômico-ambiental (2006). wilson cabral de souza júnior, John reid y neidja cristiane silvestre leitão

**Edición 5** – Beneficios económicos regionales generados por la conservación: el caso del Madidi (2006). leonardo c. fleck, marcos amend, lilian painter y john reid

**Edición 6** – Una carretera a través del Madidi: un análisis económico ambiental (2006). leonardo c. fleck, lilian painter, john reid y marcos amend

**Edición extra** – Análisis de costo beneficio de cuatro proyectos hidroeléctricos en la cuenca de Changuinola-Taribe (2006). sarah cordero, ricardo montenegro, maribel mafla, irene burgués, y john reid

**Edición 7** – Efectos de los proyectos de energía y transporte en la expansión del cultivo de soja en la cuenca del río Madeira (2007). maria del carmen vera-díaz, john reid, britaldo soares filho, robert kaufmann y leonardo c. fleck

**Edición 8** – Análisis económico y ambiental de carreteras propuestas dentro de la Reserva de la Biosfera Maya (2007). victor hugo ramos, irene burgués, leonardo c. felck, gerardo paiz, piedad espinosa, y john reid

**Edición 9** – Análisis ambiental y económico de proyectos carreteros en la Selva Maya, un estudio a escala regional (2007). dalía amor conde, irene burgués, leonardo c. felck, carlos manterota y john reid

**Edición 10** – Tenosique: análisis económico-ambiental de un proyecto hidroeléctrico en el Río Usumacinta (2007). israel amescua, gerardo carreón, javier marquez, rosa maria vidal, irene burgués, sarah cordero y john reid

**Edición 11** – Critérios económicos para a aplicação do Princípio do Protetor-Recebedor; estudo de caso do Parque Estadual dos Três Picos (2007). juliana strobel, wilson cabral de souza júnior, ronaldo seroa da motta, marcos amend y demerval gonçalves

**Edición 12** – Carreteras y Áreas Protegidas: un análisis económico integrado de proyectos en el norte de la amazonia boliviana (2007). leonardo c. felck, lilian painter y marcos amend

**Edición 13** – El efectos Chalachán: un ejercicio de valoración económica para una empresa comunitaria (2007). alfonso malky, cándido pastor, alejandro limaco, guido mamani, zenón limaco y leonardo c. felck

**Edición 14** – Beneficios y costos del mejoramiento de la carretera Charazani-Apolo (2007). lia peñarrieta venegas y leonardo c. felck

**Edición 15** – El desafío de Mapajo. Análisis costo-beneficio de la empresa comunitaria Mapajo Ecoturismo Indígena (2008). liccette chavarro, alfonso malky y cecilia Ayala

**Edición 16** – Valoración económica de los servicios turísticos y pesqueros del Parque Nacional Coiba (2008). ricardo montenegro, linwood pendelton y john reid

**Edición 17** – Eficiência econômica, riscos e custos ambientais da reconstrução da rodovia BR-319 (2009). leonardo c. felck

**Edición 18** – Factibilidad económica y financiera de la producción de caña de azúcar y derivados en el norte del departamento de La Paz (2009). alfonso malky y juan carlos Ledezma

**Edición 19** – Factibilidad financiera y proyección de negocios para la producción de cacao en el norte del departamento de La Paz (2010). alfonso malky y sophía espinoza

**Edición 20** – Estrategias de conservación a lo largo de la carretera Interoceánica de Madre de Dios, Perú: una análisis económico – espacial (2010). leonardo c. felck, maria del carmen vera-díaz, elena borasino, manuel glave, jon hak y carmen josse

**Edición 21** – El Filtro de Carreteras: un análisis estratégico de proyectos viales en la Amazonía (2011). alfonso malky, juan carlos ledezma, john reid y leonardo c. felck



**Edición 22** – Análisis del costo de oportunidad de la deforestación evitada en el noroeste amazónico de Bolivia (2012). alfonso malky, daniel leguía y juan carlos ledezma

**Edición 23** – Costos y beneficios del proyecto hidroeléctrico del río Inambari (2012). jose serra vega, alfonso Malky y john reid

**Edición 24** – Costos de oportunidad de evitar la deforestación en el Área de Amortiguamiento de la Zona Baja de la Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas (RECC) (2013). marcela aguirre, daniel Leguía y alfonso malky

**Edición 25** – Cooperación e incentivos para conservar el bosque amazónico en comunidades kichwas: un análisis desde la economía experimental (2014). david Campoverde

**Edición 26** – La caza de fauna silvestre en la región amazónica del noreste de Ecuador: Análisis bioeconómico de su uso como fuente de proteína para nacionalidades indígenas (2014). enrique de la montaña, rocío moreno-sánchez, jorge higinio maldonado

**Edición 27** – Análisis de costos de oportunidad de la iniciativa de implementación temprana REDD en el sector Güejar-Cafre. Departamento del Meta – Colombia (2014). viviana zamora, alfonso malky

**Edición 28** – Comportamiento de pescadores frente a distintos arreglos institucionales en la Estrella Fluvial de Inírida. Amazonía Colombiana (2014). paula zuluaga , marcela franco

**Edición 29** – Valor económico de la conservación de la fuente de agua a través de la confiabilidad del sistema de abastecimiento de agua potable en Tarapoto empleando experimentos de elección (2014). Iván lichich

**Edición 30** – Viabilidade Econômica de Negócios Sustentáveis da Biodiversidade em Áreas Protegidas: Lições e recomendações (2014). fernanda r. p. de alverenga y john reid

**Edición 31** – Economic comparison to alternatives to building on Goat Islands: Does Jamaica need to sacrifice a world class conservation site in order to build a world class port?, 2014. aaron bruner, charles magnan, richard rice, john reid

**Edición 32** – Análisis económico y socioambiental de los proyectos de interconexión Pucallpa-Cruzeiro do Sul (2015). alvaro hopkins, alfonso malky, manuel glave, rocío ventocilla, juan carlos ledezma y alexs arana

**Edición 33** – Integrando costos económicos en la búsqueda de áreas prioritarias para la conservación de especies en la Amazonía occidental (2015). janeth lessmann

**Edición 34** – Determinantes de las decisiones sobre el uso del suelo de hogares ribereños de la Amazonía baja peruana (2015). javier montoya

**Edición 35** – Pave the Impenetrable? An economic analysis of potential Ikumba-Ruhija road alternatives in and around Uganda's Bwindi Impenetrable National Park (2015). rhona barr, irene burgués, stephen asuma, anna behm masozera y maryke gray

**Edición 36** – Capacidad de adaptación al cambio climático en comunidades indígenas de la Amazonía peruana (2015). guillermo carlos

**Edición 37** – Identificación de elementos prioritarios para establecer esquemas de incentivos económicos en comunidades indígenas: caso Mocagua-Leticia (Colombia) (2015). isaí victorino

**Edición 38** – Fortaleciendo los incentivos de conservación de bosques: Un acercamiento a los factores que inciden en la aplicación del incentivo del Programa Socio Bosque en Ecuador (2015). marco robles

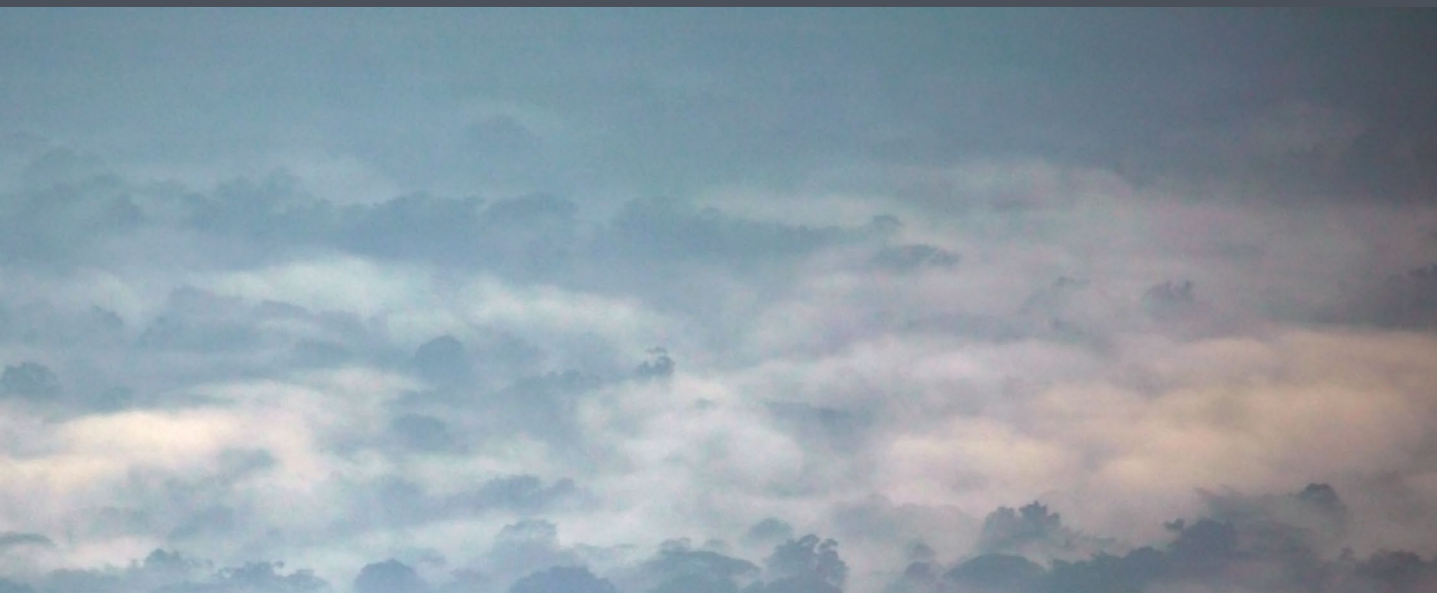
**Edición 39** – Efecto de la complejidad institucional sobre la deforestación en la Amazonía colombiana (2015). diego lizcano

**Edición 40** – Insumos técnicos para fortalecer las concesiones de manglar en Ecuador a través de Socio Bosque: combinando técnicas de valoración económica y juegos experimentales (2015). rocío moreno-sánchez, jorge maldonado, david campoverde, carlos solís, camilo gutiérrez, aaron bruner





REALIZACIÓN



APOYO

