



**Análisis descriptivo de los factores técnicos, normativos y socioambientales que influyen en  
la gestión de proyectos de líneas de alta tensión en Colombia**

Autora:

Yarileny Lemus Quintero

Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

septiembre de 2025

**Análisis descriptivo de los factores técnicos, normativos y socioambientales que influyen en  
la gestión de proyectos de líneas de alta tensión en Colombia**

Autora:

Yarileny Lemus Quintero

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de  
Proyectos

Asesor(a)

Hugo Alejandro Muñoz Bonilla

Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

septiembre de 2025

## Contenido

Lista de tablas .....	8
Lista de figuras.....	9
Lista de anexos.....	10
Resumen.....	11
Abstract.....	12
Introducción .....	13
1. Planteamiento del problema .....	15
1.1. Descripción del problema.....	15
1.1.1. Contextualización del problema.....	15
1.1.2. Causas y consecuencias del problema.....	17
1.2. La pregunta de investigación .....	19
1.3. Los objetivos de investigación.....	19
1.3.1. Objetivo general.....	19
1.3.2. Objetivos específicos .....	19
1.4. Justificación de la investigación .....	20
1.4.1. Importancia académica y científica .....	21
1.4.2. Pertinencia práctica y sectorial .....	21
2. Marco de referencia .....	23

Factores clave en proyectos de líneas de alta tensión en Colombia	4
2.1. Marco de antecedentes .....	23
2.2. Marco teórico .....	27
2.3. Marco normativo.....	30
3. Metodología.....	34
3.1. Enfoque y alcance de la investigación .....	34
3.2. Población y muestra.....	35
3.2.1. Definición de población .....	35
3.2.1. Cálculo y selección de la muestra.....	36
3.3. Instrumento(s).....	39
3.3.1. Validación del instrumento .....	44
3.3.2. Procedimiento de aplicación.....	44
3.4. Descripción de procedimiento .....	44
3.4.1. Autorizaciones y coordinación .....	45
3.5. Análisis de información .....	47
3.5.1. Herramientas informáticas .....	48
3.5.2. Procedimiento detallado de análisis.....	48
3.6. Consideraciones éticas .....	50
3.6.1. Análisis de consideraciones éticas .....	50
3.6.2. Instrumentos de aceptación y autorización.....	51
4. Hipótesis .....	52

Factores clave en proyectos de líneas de alta tensión en Colombia	5
4.1. Variables .....	53
5. Resultados.....	53
5.1. Análisis de resultados de encuesta realizada. ....	53
5.1.1. Análisis de categoría 1: factores técnicos Análisis de rutas, diseños y aspectos socioambientales.....	56
5.1.2. Análisis categoría 2: gestión Integral en proyectos de transmisión eléctrica. ....	61
5.1.3. Análisis categoría 3: Aspectos socioambientales en proyectos de construcción de líneas de transmisión en Colombia.....	66
5.2. Objetivo específico 1 .....	72
5.2.1. Gestión integrada de aspectos geográficos y ambientales como estrategia para la viabilidad del proyecto de transmisión eléctrica. ....	72
5.2.2. Análisis de los instrumentos vigentes para la planeación del territorio.....	75
5.2.3. Caracterización ambiental.....	77
5.2.4. Aspectos abióticos .....	78
5.2.5. Análisis de determinantes ambientales ADA .....	91
5.3. Objetivo específico 2. Gestión integral para la ejecución y viabilidad del proyecto de transmisión eléctrica.....	92
5.3.1. Gestiones prediales. ....	93
5.3.2. Gestiones técnicas.....	95
5.3.3. Gestión administrativa .....	98
5.3.4. Gestión con entes gubernamentales .....	100

5.3.5.	Gestión de contrato de interventoría.....	102
5.3.6.	Gestión de contratos para personal en la ejecución de proyectos de construcción de líneas de transmisión.....	104
5.3.7.	Gestión de contratos para la compra de materiales, equipos y herramientas en proyectos de líneas de transmisión.....	107
5.3.8.	Gestión de licencias y permisos en proyectos de transmisión de energía.....	110
5.3.9.	Gestión social en proyectos de infraestructura eléctrica.....	115
5.4.	Objetivo específico 3. ....	117
5.4.1.	Identificación de licencias, trámites y permisos.....	117
5.4.2.	Gestión climática.....	121
5.4.3.	Temperatura.....	123
5.4.4.	Cobertura climática.....	123
5.4.5.	Precipitación.....	123
5.4.6.	Probabilidades precipitaciones.....	124
5.4.7.	Humedad.....	124
5.4.8.	Vientos.....	125
5.4.9.	Valoración.....	126
5.4.10.	Incentivos tributarios por inversiones ambientales.....	126
5.4.11.	Análisis de las principales restricciones al proyecto.....	128
5.4.12.	Aspectos ambientales.....	129

5.4.13.	Identificación y evaluación de aspectos e impactos ambientales .....	131
5.4.14.	Descripción de los impactos ambientales generados a los componentes durante el desarrollo de las obras .....	133
6.	Conclusiones.....	137
7.	Recomendaciones .....	139
8.	Referencias .....	141
	Anexos .....	145

**Lista de tablas**

Tabla 1. Normograma proyectos líneas de transmisión.....	30
Tabla 2. Distribución de la muestra según categoría profesional en ENELAR E.S.P.....	38
Tabla 3. Resultado Encuesta factores técnicos Análisis de rutas, diseños y aspectos socioambientales .....	57
Tabla 4. Análisis de resultados orientados al objetivo 1.....	59
Tabla 5. Resultados encuesta gestión Integral en Proyectos de Transmisión Eléctrica.....	62
Tabla 6. Análisis de resultados orientados al objetivo 2.....	65
7 Resultado encuesta Aspectos socioambientales en proyectos de construcción .....	68
Tabla 8. Análisis de resultados orientados al objetivo 3.....	70
Tabla 9. Ejemplo de Análisis de unidades geológicas.....	80
Tabla 10. Ejemplo Geomorfología que presenta el trazado.....	83
Tabla 11. Otros Factores Ambientales Críticos .....	89
Tabla 12. Gestiones y Trámites Ambientales .....	118
Tabla 13. Ejemplo de estaciones meteorológicas en el área de influencia directa .....	122
Tabla 14. Análisis de restricciones del proyecto .....	129
Tabla 15. Matriz de identificación de aspectos ambientales para la construcción .....	131

**Lista de figuras**

Figura 1.Evidencia de personal profesional clave en la población y muestra .....	36
Figura 2.Representación gráfica distribución de la muestra según categoría profesional en ENELAR E.S.P.....	39
Figura 3. Evidencia reunión de coordinación para la recolección de datos cualitativos .....	47
Figura 4.Consideraciones éticas en la investigación.....	51
Figura 5. Instrumento de aceptación y autorización .....	52
Figura 6. Medias por pregunta.....	54
Figura 7. Promedio medio por categorías .....	56
Figura 8. Ejemplo Caracterización de pliegues .....	81
Figura 9. Mapa geomorfológico regional .....	82
Figura 10. Mapa de pendientes .....	87

### **Lista de anexos**

**Anexo A.** Cuestionario estructurado sobre gestión de proyectos de líneas de transmisión eléctrica. ENELAR E.S.P. [Formulario en línea].

[https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSf0FLYKRqII80WkFym6tJV0tA2IOezxIagPksCn\\_WK7qkFEJA/viewform?usp=header](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSf0FLYKRqII80WkFym6tJV0tA2IOezxIagPksCn_WK7qkFEJA/viewform?usp=header)

## Resumen

La construcción de líneas de transmisión de alta tensión en Colombia implica un proceso complejo donde convergen factores técnicos, normativos y socioambientales que condicionan la viabilidad de los proyectos. Esta investigación tiene como propósito analizar descriptivamente los factores técnicos, normativos y socioambientales que influyen en la gestión de proyectos de construcción de líneas de alta tensión en el país, con el fin de identificar las condiciones críticas que afectan su planificación y ejecución.

El estudio se desarrolló bajo un enfoque descriptivo con diseño no experimental y alcance transversal, aplicando un cuestionario estructurado de 20 ítems en escala Likert a 68 profesionales del sector eléctrico. El instrumento se validó mediante juicio de expertos y prueba piloto, alcanzando un alfa de Cronbach de 0,87, lo que indica alta confiabilidad.

Los resultados evidencian que los factores técnicos y normativos presentan mayor cumplimiento, mientras que los aspectos socioambientales representan el principal desafío, especialmente en procesos de licenciamiento y relacionamiento comunitario. Se concluye que la gestión de proyectos de transmisión eléctrica requiere una integración efectiva entre normatividad, prácticas técnicas y estrategias socioambientales, para garantizar la sostenibilidad y aceptación social de las obras.

**Palabras clave:** Líneas de transmisión eléctrica, gestión de proyectos, normatividad RETIE, factores socioambientales

### **Abstract**

The construction of high-voltage transmission lines in Colombia involves a complex process where technical, regulatory, and socio-environmental factors converge, conditioning the viability of projects. This research aims to descriptively analyze the technical, regulatory, and socio-environmental factors that influence the management of high-voltage transmission line construction projects in the country, in order to identify the critical conditions that affect their planning and execution.

The study was conducted under a descriptive approach with a non-experimental, cross-sectional design, applying a structured 20-item Likert scale questionnaire to 68 professionals from the electrical sector. The instrument was validated through expert judgment and a pilot test, achieving a Cronbach's alpha of 0.87, indicating high reliability.

The results show that technical and regulatory factors exhibit higher compliance, while socio-environmental aspects represent the main challenge, especially in licensing processes and community engagement. It is concluded that the management of transmission projects requires an effective integration between regulatory frameworks, technical practices, and socio-environmental strategies to ensure sustainability and social acceptance of the projects.

#### **Keywords**

High-voltage transmission lines, project management, RETIE regulations, socio-environmental factors.

## Introducción

La gestión de proyectos, como disciplina de la administración moderna, ha evolucionado hasta convertirse en un enfoque integral y transversal que permite estructurar, planificar y controlar eficientemente iniciativas en distintos sectores de la economía. En el ámbito de la infraestructura eléctrica, esta disciplina adquiere un papel protagónico debido a la alta complejidad técnica, normativa y logística que implica el desarrollo de proyectos como la construcción de líneas de alta tensión en el Sistema de Transmisión Nacional.

Esta tesis plantea una propuesta metodológica basada en los lineamientos establecidos por el Project Management Institute (PMI), específicamente en su guía PMBOK, para ser aplicada a proyectos de infraestructura eléctrica de transmisión. El objetivo principal es adaptar esta metodología a las particularidades del sector energético nacional, aportando un marco estructurado para la planificación, ejecución y control de proyectos de construcción de líneas de transmisión de alta tensión, desde una perspectiva que integre la gestión del alcance, los costos, el tiempo, la calidad, los recursos, la comunicación, los riesgos y las adquisiciones.

Inicialmente, se ofrece una visión general de los elementos fundamentales que componen un proyecto de este tipo, abordando sus características técnicas y estratégicas. Posteriormente, se exponen las generalidades de la metodología del PMI, para luego presentar la adaptación específica que se propone para los proyectos de líneas de transmisión eléctrica a nivel nacional. Finalmente, se muestra el producto resultante del proceso de organización, estructurado bajo los estándares metodológicos adoptados y alineado con las necesidades del sector eléctrico colombiano.

Esta propuesta busca contribuir a la mejora de los procesos de planificación y ejecución de proyectos de transmisión, fortaleciendo la toma de decisiones, optimizando recursos y asegurando el cumplimiento de los objetivos técnicos, económicos y regulatorios que exige el Sistema de Transmisión Nacional.

## **1. Planteamiento del problema**

### **1.1. Descripción del problema**

#### **1.1.1. Contextualización del problema**

En el contexto internacional, la expansión y modernización de la infraestructura eléctrica se ha consolidado como un requisito esencial para garantizar la seguridad energética, la competitividad económica y el cumplimiento de compromisos ambientales orientados hacia la transición energética y la descarbonización (International Energy Agency [IEA], 2023). Los sistemas eléctricos modernos exigen redes de transmisión robustas que permitan la interconexión de regiones, la integración de energías renovables no convencionales y la reducción de riesgos de desabastecimiento. En este sentido, los proyectos de transmisión de alta tensión constituyen un componente estratégico en la planificación energética global, pues facilitan el transporte eficiente de grandes volúmenes de energía desde los centros de generación hasta los puntos de consumo (World Bank, 2022).

Para asegurar la ejecución exitosa de estos proyectos complejos, organismos internacionales como el Project Management Institute (PMI) han promovido la adopción de metodologías estandarizadas de gestión de proyectos, como la guía PMBOK, que establece buenas prácticas en áreas como la planificación, ejecución, control y cierre de proyectos (PMI, 2021). Estas metodologías contribuyen a mejorar la eficiencia, minimizar riesgos y optimizar los recursos, aspectos especialmente relevantes en proyectos de infraestructura eléctrica por su alta inversión y complejidad técnica.

En América Latina, los sistemas eléctricos enfrentan retos adicionales debido a la heterogeneidad de marcos regulatorios, restricciones presupuestales, dificultades socioambientales y limitaciones tecnológicas (González & Pérez, 2022). Países como Brasil y Chile han avanzado en la implementación de mecanismos regulatorios y metodologías internacionales para fortalecer la gestión de proyectos eléctricos. Sin embargo, otras naciones, incluido Colombia, presentan brechas importantes en términos de articulación entre normatividad nacional y estándares internacionales, lo que genera inconsistencias en los procesos de planeación y ejecución (Cabrera, 2021).

En el contexto colombiano, la transmisión eléctrica de alta tensión es prioritaria para garantizar la confiabilidad del Sistema Interconectado Nacional (SIN) y acompañar el crecimiento económico. La Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) ha proyectado la construcción de nuevas líneas y subestaciones con el objetivo de atender la creciente demanda y facilitar la incorporación de energías renovables no convencionales, principalmente eólica y solar (UPME, 2023). Estas obras son críticas para alcanzar las metas de transición energética establecidas en la Ley 2099 de 2021, que busca descarbonizar la matriz eléctrica. No obstante, la ejecución de estos proyectos se caracteriza por una alta complejidad debido a factores geográficos, ambientales y sociales: presencia de ecosistemas estratégicos, comunidades étnicas, zonas con restricciones ambientales y problemas de acceso por condiciones topográficas adversas (Ministerio de Minas y Energía, 2022).

La delimitación temporal del análisis comprende el periodo 2018-2023, en el que se han intensificado las políticas de transición energética y se han adjudicado proyectos estratégicos como las líneas Colectora y Cuestecitas, que enfrentan demoras significativas. Geográficamente,

el estudio se centra en Colombia, con énfasis en proyectos de transmisión de alta tensión que integran energía renovable desde la región Caribe hacia el interior del país. La población de interés está conformada por las empresas constructoras de líneas, los operadores del sistema eléctrico, las comunidades locales, los entes reguladores y las autoridades ambientales.

### **1.1.2. Causas y consecuencias del problema**

El principal problema identificado radica en la limitada articulación entre la normativa nacional aplicable a proyectos eléctricos y las metodologías internacionales de gestión de proyectos. Normas como la Resolución CREG 015 de 2018, que establece reglas para la expansión del sistema de transmisión, y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) imponen exigencias estrictas en materia de seguridad, confiabilidad y calidad (CREG, 2018; RETIE, 2022). Sin embargo, carecen de directrices que faciliten su integración con estándares metodológicos globales como el PMBOK. Esta falta de alineación genera prácticas heterogéneas en la planificación, ejecución y control, lo que incrementa los riesgos de ineficiencia y conflictos (Álvarez, 2020).

A esta situación normativa se suman factores técnicos, logísticos y organizacionales. Entre ellos, se destacan las dificultades de acceso a zonas remotas, la limitada disponibilidad de equipos especializados y las restricciones en la cadena de suministro, que se vieron agravadas por la pandemia (González & Pérez, 2022). Además, la estructura jerárquica de algunas organizaciones presenta rigidez en la toma de decisiones, lo que reduce la capacidad de respuesta ante contingencias y retrasa la implementación de correctivos.

Desde la dimensión socioambiental, uno de los mayores retos lo representan los procesos de licenciamiento ambiental y consulta previa. Estos trámites suelen implicar largos tiempos de gestión, costos elevados y una interacción constante con comunidades locales, lo que genera un escenario propenso a conflictos sociales si no se cuenta con mecanismos de relacionamiento adecuados (Ministerio de Minas y Energía, 2022). Las consultas con comunidades étnicas, obligatorias por ley, son esenciales para garantizar la aceptación social de los proyectos, pero en la práctica se han convertido en un factor crítico por la falta de estrategias efectivas de diálogo y participación (Rodríguez, 2021).

Las consecuencias de estas problemáticas son múltiples y afectan tanto al sector eléctrico como al desarrollo económico y social del país. En primer lugar, los retrasos en la entrada en operación de proyectos estratégicos comprometen la confiabilidad del suministro eléctrico, elevando el riesgo de racionamientos en periodos de alta demanda o sequía (UPME, 2023). En segundo lugar, los sobrecostos asociados a demoras y a la gestión de conflictos impactan la viabilidad financiera de las inversiones, incrementando los costos de energía para los usuarios finales. Finalmente, los conflictos socioambientales han derivado en suspensiones temporales de obras e incluso en sanciones regulatorias, afectando la reputación institucional de las empresas y la credibilidad del sector ante la opinión pública (Cabrera, 2021).

Estas dificultades no solo comprometen el cumplimiento de los cronogramas de expansión de la red eléctrica, sino que también ponen en riesgo la transición energética y la competitividad del país. Por ello, se plantea la necesidad de realizar un análisis descriptivo que identifique y relacione los factores técnicos, normativos y socioambientales que inciden en la gestión de proyectos de transmisión eléctrica en Colombia. Este análisis permitirá generar

insumos estratégicos para diseñar lineamientos que mejoren la eficiencia, el cumplimiento normativo y la sostenibilidad social y ambiental de estos proyectos, contribuyendo así al desarrollo energético sostenible del país.

## **1.2. La pregunta de investigación**

¿Cuáles son los factores técnicos, normativos y socioambientales que influyen en la gestión de proyectos de construcción de líneas de alta tensión en Colombia?

## **1.3. Los objetivos de investigación**

### **1.3.1. Objetivo general**

Analizar descriptivamente los factores técnicos, normativos y socioambientales que influyen en la gestión de proyectos de construcción de líneas de alta tensión en Colombia.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

Describir las condiciones geográficas, ambientales, normativas y logísticas consideradas en la selección de rutas para la construcción de líneas de transmisión de alta tensión en Colombia, basándose en revisión de proyectos previos, mapas técnicos y documentos normativos, para evidenciar cómo estas condiciones que se deben considerar para realizar la planificación de trazados de líneas de transmisión.

Caracterizar las etapas y actividades que componen la gestión de proyectos de construcción de líneas de transmisión de alta tensión, incluyendo planeación, ejecución,

seguimiento y puesta en operación, mediante análisis de manuales de proyectos, guías técnicas y reportes de gestión, con el fin de mostrar cómo se organizan y coordinan las gestiones técnicas, ambientales, prediales, normativas y administrativas.

Describir los aspectos socioambientales asociados a los proyectos de construcción de líneas de transmisión de alta tensión en Colombia, a partir de revisión de estudios de impacto ambiental, informes de comunidades y estrategias de mitigación implementadas, para evidenciar cómo se gestionan los impactos y se promueve la sostenibilidad en estos proyectos.

#### **1.4. Justificación de la investigación**

La presente investigación se justifica por la necesidad de fortalecer la gestión de proyectos de transmisión eléctrica en Colombia, en un contexto donde la confiabilidad del sistema eléctrico y la expansión de la infraestructura son esenciales para el desarrollo económico y social del país. El incremento de la demanda energética, la transición hacia fuentes renovables y los retos regulatorios y socioambientales han generado escenarios complejos que requieren soluciones integrales (UPME, 2023).

Este estudio busca responder preguntas clave: ¿por qué investigar este problema? Porque los retrasos y sobrecostos en proyectos estratégicos afectan la competitividad del sector eléctrico y el bienestar de la población. ¿Por qué plantear estos objetivos? Porque identificar los factores técnicos, normativos y socioambientales permitirá diseñar estrategias para una gestión más eficiente. ¿Quiénes ganan y qué gana cada uno? Ganan las empresas, al optimizar la ejecución; gana la comunidad, al acceder a energía confiable; gana la academia, al generar nuevo

conocimiento; gana UNIMINUTO, al fortalecer su línea de investigación y aportar a la formación de profesionales altamente competentes.

A continuación, se desarrolla la justificación desde dos perspectivas: académica y científica y práctica y sectorial:

#### **1.4.1. Importancia académica y científica**

La investigación reviste un alto valor académico al aportar evidencia sobre la interacción entre factores técnicos, normativos y socioambientales en la gestión de proyectos eléctricos, un tema que, si bien ha sido abordado parcialmente en estudios internacionales, carece de suficiente análisis adaptado al contexto colombiano (González & Pérez, 2022).

Asimismo, contribuye al fortalecimiento de la línea de investigación en gestión de proyectos, integrando enfoques del Project Management Institute (PMI) y su guía PMBOK (PMI, 2021) con regulaciones específicas del sector energético nacional, como la Resolución CREG 015 de 2018 y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) (CREG, 2018; RETIE, 2022). Este análisis permitirá consolidar un marco teórico aplicado, que podrá servir como referencia para futuras investigaciones académicas relacionadas con proyectos de infraestructura energética.

#### **1.4.2. Pertinencia práctica y sectorial**

Desde la perspectiva práctica, este estudio ofrece beneficios concretos para las empresas del sector eléctrico, contratistas y entidades reguladoras, ya que permitirá identificar los factores

críticos que inciden en la gestión eficiente de proyectos de transmisión. La información obtenida facilitará la adopción de estrategias que reduzcan riesgos, optimicen la planificación de recursos y garanticen el cumplimiento normativo, contribuyendo así a evitar sobrecostos, demoras y sanciones regulatorias (Álvarez, 2020).

Adicionalmente, el estudio evidencia la necesidad de articular la normativa nacional con metodologías estandarizadas, fortaleciendo la gobernanza y la eficiencia del sector eléctrico colombiano y asegurando que los proyectos estratégicos se ejecuten dentro de los parámetros de calidad y sostenibilidad requeridos.

## **2. Marco de referencia**

### **2.1 Antecedentes**

La gestión de proyectos de infraestructura eléctrica, particularmente aquellos relacionados con líneas de transmisión de alta tensión, ha sido objeto de análisis en diferentes contextos debido a su importancia estratégica para la seguridad energética y el desarrollo económico. A continuación, se presentan los principales antecedentes internacionales, regionales y nacionales.

#### **2.1. Marco de antecedentes**

El marco de antecedentes permite identificar cómo se ha estudiado la gestión de proyectos de transmisión eléctrica y la evolución de las organizaciones responsables de su ejecución, destacando enfoques, metodologías, retos técnicos y experiencias previas.

#### **Evolución de las organizaciones y gestión de proyectos**

Históricamente, las organizaciones públicas en Colombia han seguido un modelo burocrático, centralizado, normativo y funcional, con múltiples niveles jerárquicos y procesos lineales. Este modelo, que responde a una tradición taylorista-fordista, tuvo su auge en los siglos XIX y XX, siendo caracterizado por su enfoque en la eficiencia operativa a través de la especialización del trabajo y el control jerárquico (Taylor, 1911; Fayol, 1916). Este tipo de estructura, aunque funcional en su momento, ha demostrado ser ineficiente para gestionar la complejidad actual de los proyectos de infraestructura, especialmente aquellos que requieren respuestas ágiles, coordinación interinstitucional y adaptabilidad.

La evolución hacia modelos más modernos plantea una organización flexible, centrada en procesos, con estructuras planas y orientada al usuario final. Según Restrepo Acosta (s.f.), este cambio implica una transformación profunda, no solo en lo estructural, sino en lo cultural y funcional, requiriendo nuevas habilidades directivas, sistemas de información eficientes y un enfoque en la participación del talento humano.

La gerencia moderna de proyectos responde a este nuevo paradigma. El enfoque del PMBOK, por ejemplo, propone una visión sistémica y dinámica de la gestión, permitiendo estructurar proyectos bajo fases claramente definidas: inicio, planificación, ejecución, monitoreo y cierre (PMI, 2021). Su aplicación ha sido exitosa en sectores como la construcción, tecnología, defensa y energía, donde la complejidad técnica y el número de actores involucrados requieren herramientas robustas de control y seguimiento.

En el contexto del sector eléctrico, varios estudios han evidenciado cómo el uso de metodologías estructuradas en la gestión de proyectos mejora significativamente el desempeño institucional. Según García y Bernal (2020), la implementación del enfoque PMBOK en proyectos de energía en Colombia ha permitido reducir los riesgos de desviaciones presupuestales y mejorar la trazabilidad del cumplimiento de los objetivos del proyecto.

Adicionalmente, la teoría de las organizaciones abiertas, formulada por Katz y Kahn (1978), respalda la necesidad de que las entidades públicas adopten modelos de gestión más flexibles, donde la interacción con el entorno, la innovación y la capacidad de aprendizaje sean ejes estructurales. Esto es particularmente relevante en un sector como el energético, donde los cambios regulatorios, tecnológicos y sociales imponen una constante adaptación.

Para que abordemos el proyecto de investigación en el contexto colombiano hay que analizar que el país ha experimentado un crecimiento energético muy rápido en los últimos años, por lo cual se genera una creciente necesidad de ampliar estos circuitos y fortalecer la infraestructura eléctrica del país. A partir del estudio “Metodología para la selección de ruta de una línea de transmisión eléctrica circuito sencillo a 115 kV por medio de un sistema de información geográfica” Bernal Santos (2017) en Ibagué, Colombia, nos permite analizar el por qué la selección de rutas es un desafío, considerando la topografía accidentada en la geografía colombiana y su variabilidad en sus zonas montañosas y selvas tropicales, y que debemos tener en cuenta aspectos importantes que incluyen la gestión de permisos ambientales y las licencias de construcción en áreas protegidas lo que implicaría retrasos significativos en su ejecución.

El estudio de la infraestructura y la planificación de las líneas de transmisión es un paso importante, debido a que es la base para evaluar la viabilidad de construcción de la estructura, por ello como referencia tenemos inicialmente a Harper (1978), quien en su obra “Líneas de transmisión y redes de distribución de potencia eléctrica”, publicada en México, analizó los principios fundamentales en el diseño y operación de redes eléctricas. Su objetivo fue establecer metodologías para la construcción de infraestructuras de transmisión que garanticen eficiencia y seguridad en la distribución de energía todo a través de un enfoque técnico con el cual evaluó la capacidad de carga de los conductores, la selección de materiales y los criterios de diseño estructural, este autor logró destacar la necesidad de una planificación anticipada para minimizar costos y riesgos operativos.

Muñoz y Pérez (2020), en su estudio “Torres de transmisión: Diseño, construcción y mantenimiento”, analizaron las técnicas más eficientes para la instalación de estructuras de

soporte en líneas de transmisión de alta tensión. Su investigación, realizada en España, tuvo como objetivo evaluar las ventajas del uso de software de optimización para la selección de rutas y estructuras, minimizando costos y reduciendo el impacto ambiental. Mediante simulaciones computacionales y análisis comparativos, concluyeron que la implementación de tecnologías avanzadas en la planificación permite mejorar la estabilidad y durabilidad de las torres de transmisión.

En cuanto al diseño y planificación de líneas de transmisión Gómez, Martínez y Rivera (2018), en su estudio titulado *“Transmisión de energía eléctrica: Aspectos técnicos y económicos”*, realizado en la Universidad Tecnológica Nacional, analizaron los criterios fundamentales para el diseño de líneas de transmisión. El objetivo de su investigación fue evaluar las condiciones técnicas y económicas que se deben considerar en la planificación de estas infraestructuras. Para ello utilizaron un enfoque metodológico basado en el análisis de casos reales, revisando proyectos de transmisión en América Latina, con el cual concluyeron que una planificación adecuada puede reducir costos operativos y mejorar la estabilidad del sistema eléctrico.

Ahora bien, para la construcción y materiales en líneas de transmisión Ramírez, Vargas y Castro (2021) llevaron a cabo un estudio titulado *“Desafíos en la construcción de líneas de transmisión en terrenos difíciles”*, publicado en la revista *Ingeniería y Territorio*. Su investigación se enfocó en evaluar las principales dificultades técnicas al construir líneas de transmisión en terrenos montañosos y pantanosos de Colombia. Para ello utilizaron un análisis de campo en proyectos en el Cauca y Antioquia, concluyendo que la elección adecuada de torres de

soporte y cimentaciones es clave para garantizar la estabilidad estructural y minimizar el impacto ambiental.

Ante uno de los aspectos más importantes de la construcción de líneas de transmisión como lo es el impacto ambiental y social, Valdés (2021), en su artículo “Riesgos y desafíos en el diseño de líneas de transmisión de alta tensión”, exploró los efectos ambientales de estos proyectos en ecosistemas frágiles. Su estudio realizado en la región Amazónica utilizó modelos de impacto ambiental para evaluar el efecto de las líneas de transmisión en la biodiversidad. Concluyó que el diseño y ubicación de las líneas deben planificarse considerando corredores ecológicos para minimizar la fragmentación del hábitat.

Finalmente, Rosa y Silva (2021), quienes en su artículo “Sustainability in energy infrastructure: Key challenges and strategies for power transmission projects”, publicado en la revista Energy Policy, examinaron la importancia de la participación comunitaria en la planificación de líneas de transmisión. Su investigación, basada en estudios de casos en Brasil y Portugal, evidenciaron que la falta de consulta previa con las comunidades puede generar conflictos y retrasos en la ejecución de los proyectos. Como estrategia de mitigación, recomendaron la implementación de programas de educación ambiental y compensación socioeconómica.

## **2.2. Marco teórico**

La necesidad de mejorar la gestión organizacional en proyectos públicos de infraestructura ha sido ampliamente documentada. Según la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG, 2019), uno de los principales factores que generan retrasos en la ejecución de

líneas de transmisión es la deficiente articulación entre entidades ejecutoras, contratistas y entes reguladores, así como la ausencia de un enfoque metodológico común. Estudios adicionales han identificado que las empresas públicas del sector eléctrico presentan debilidades estructurales en planeación estratégica, gestión del recurso humano y procesos internos, lo que impacta negativamente la eficiencia operativa de proyectos de alta tensión que requieren coordinación multinivel y cumplimiento riguroso de normas técnicas (Martin Cepeda, 2018).

### **Gestión de proyectos y metodologías modernas**

La implementación de metodologías estructuradas de gestión de proyectos, como PMBOK o PRINCE2, ha demostrado ser efectiva para mejorar la eficiencia y control de proyectos de infraestructura eléctrica. Por ejemplo, en un proyecto de expansión de redes eléctricas de alta tensión en la región Caribe, la adopción del enfoque PMBOK permitió mejorar el control del alcance, la previsión de riesgos y la calidad de los entregables técnicos, contribuyendo a una ejecución más eficiente y alineada con los requerimientos del operador del sistema (Gas, 2019).

Esta experiencia también evidenció la necesidad de reorganizar estructuralmente las empresas de energía, incorporando modelos administrativos basados en políticas del Departamento Administrativo de la Función Pública (DAFP), con énfasis en competencias laborales, eficiencia operativa y certificación de procesos (Pereira, 2011). La ausencia de modelos estructurados de gestión en proyectos eléctricos aumenta la probabilidad de incumplimientos regulatorios, generación de sobrecostos y pérdida de credibilidad institucional. Por ello, diversos autores recomiendan la adaptación de metodologías internacionales, como

PMBOK o PRINCE2, como estrategia para mejorar la gestión de proyectos públicos en Colombia (García, 2021).

### **Factores técnicos y su relación con la eficiencia de los proyectos**

Los proyectos de líneas de transmisión requieren un manejo especializado de aspectos técnicos como selección de rutas, diseño estructural, capacidad de carga, disponibilidad de equipos y planificación logística. La literatura señala que la integración de herramientas tecnológicas, software de simulación y optimización de rutas permite reducir riesgos y costos operativos, garantizando estabilidad y seguridad en la infraestructura eléctrica (Muñoz & Pérez, 2020; Gómez, Martínez & Rivera, 2018).

### **Factores normativos y regulatorios**

El marco normativo colombiano establece requisitos estrictos para la construcción y operación de proyectos eléctricos, como la Resolución CREG 015 de 2018 y el RETIE (2022). La falta de articulación entre estos marcos regulatorios y metodologías modernas de gestión de proyectos puede generar prácticas heterogéneas, retrasos y conflictos legales. La literatura enfatiza la necesidad de integrar estos estándares para asegurar eficiencia, cumplimiento normativo y sostenibilidad (CREG, 2018; RETIE, 2022).

### **Factores socioambientales y participación comunitaria**

La gestión de impactos socioambientales es otra variable crítica. La falta de consulta previa con comunidades locales puede generar conflictos y suspensión de obras, aumentando los costos y riesgos de los proyectos (Rosa & Silva, 2021; Ministerio de Minas y Energía, 2022). Estudios recomiendan incorporar mecanismos efectivos de participación comunitaria, educación

ambiental y compensación socioeconómica como estrategias de mitigación para mejorar la aceptación social de los proyectos.

### 2.3. Marco normativo

Según la definición técnica, un normograma es una herramienta que reúne las normas externas (leyes, decretos, resoluciones, acuerdos) e internas que regulan las actuaciones de una entidad en cumplimiento de su misión. Permite identificar claramente las normas y responsabilidades aplicables a un proceso como la ejecución de proyectos en entidades públicas o privadas.

En el contexto de proyectos de líneas de transmisión eléctrica en Colombia (tensiones > 230 kV), el normograma incluye normas relacionadas con contratación pública, regulaciones sectoriales, estudios ambientales y controles técnicos todos aplicables desde el inicio hasta la entrega del proyecto cuya recopilación se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1.**

#### *1. Normograma proyectos líneas de transmisión*

Tipo de Norma	Normas identificadas	Aplicación en proyectos de transmisión eléctrica
Constitución	Constitución Política de Colombia (1991)	Fundamento para prestación de servicios públicos, protección del medio ambiente, consulta previa y función social de la infraestructura pública.
Leyes (20)	Leyes 80/1993, 1150/2007, 99/1993, 143/1994, 142/1994, 56/1981, 134/1994, 388/1997,	Contratación estatal, licenciamiento ambiental, planeación energética, consultas previas, servidumbres, normas

	902/2004, 1448/2011, 689/2001, entre otras.	sobre propiedad y uso del suelo, entre otros.
Decretos (25)	Decretos 1073/2015, 1072/2015, 1076/2015, 1320/1998, 948/1995, 2150/1995, 1791/1996, 2372/2010, 703/2018, 303/2012, entre otros.	Reglamentos sobre licencias ambientales, procedimientos sectoriales de energía, servidumbres, estudios técnicos, normatividad de seguridad eléctrica, planeación ambiental.
Resoluciones (23)	Resoluciones 14395/2024, 1092/2022, 1280/2010, 321/2015, 620/2008, 918/2011, 312/2019, 5018/2019, 40117/2024, entre otras.	Especifican requisitos técnicos (RETIE), términos de referencia para estudios ambientales, gestión del riesgo, participación ciudadana, compensación ambiental, etc.
Normas técnicas (3)	NTC 2050:1998, NTC ISO 55001:2014, NTC ISO 9001:2015	Seguridad eléctrica (NTC 2050), gestión de activos (ISO 55001), gestión de calidad (ISO 9001) aplicadas a infraestructura energética.
Acuerdos (3)	Acuerdo 1612/2022, Acuerdo 1835/2024, Acuerdo CNO 1899/2024	Aplicación de políticas municipales o del Consejo Nacional de Operación (CNO), criterios de operación y sostenibilidad territorial de los proyectos eléctricos.

**Nota:** La tabla presenta el enfoque cualitativo aplicado en la investigación y las principales técnicas de recolección de datos utilizadas. Se incluyen el análisis de documentos, entrevistas, estudios proyectivos y observación directa, cada uno con su respectiva descripción breve.

- **Marco constitucional:** Asegura la prestación del servicio público de electricidad como derecho colectivo y misión estatal.
- **Contratación pública (Ley 80/93, Ley 1150/07):** Regula selección de contratistas, interventoría, garantías, contratación por urgencia o licitación pública.
- **Normativa sectorial (Ley 143/94, Decreto 1073/15):** Define responsabilidades del Ministerio de Minas y Energía, la UPME y la CREG en planificación, permisos y tarifas.

- **Regulación técnica (RETIE, Resolución ANLA):** Establece estándares obligatorios de seguridad, diseño e impacto ambiental para líneas de alta tensión.
- **Regulación tarifaria y de operación (CREG 101-9/2022):** Define cómo se remuneran las actividades de transmisión, base para contratos de operación/comercialización.
- **Normas locales (acuerdos municipales):** En zonas por donde pasan las líneas, pueden aplicarse acuerdos de servidumbre, compensación o licenciamiento municipal.
- **Resolución CREG 015 de 2018 – Planes de Inversión en Infraestructura Eléctrica**

La Resolución 015 de 2018, expedida por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), establece las reglas generales para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional (SIN), y define criterios clave respecto a los planes de inversión que deben presentar los Operadores de Red (OR), los Operadores de Red deben presentar a la CREG un plan de inversiones correspondiente al periodo tarifario, conforme a los lineamientos del numeral 6.7 del Anexo General de la resolución el plan debe incluir la descripción detallada de proyectos de infraestructura: expansión, reposición, calidad del servicio y cobertura rural. También debe contemplar unidades constructivas (instalaciones, redes, subestaciones), niveles de tensión, costos valorados y cronograma de ejecución, tras la aprobación del plan inicial, se pueden presentar ajustes mediante resoluciones posteriores (p. ej., resoluciones CREG 501-110/2024, o similares) que actualizan los montos para reflejar necesidades reales o demanda emergente, los OR deben informar sobre los niveles de ejecución del plan, diferenciando inversión aprobada (INVA) frente a inversión realizada (INVR), presentación por foco y por nivel de tensión. Esto facilita la evaluación del cumplimiento regulatorio además de incluir gestión de activos y calidad, la resolución hace énfasis en que los

sistemas de gestión de activos cumplan con estándares como ISO 55001:2014, lo cual impacta directamente la planeación y ejecución de proyectos de infraestructura eléctrica y se establece que la comisión de regulación en energía y gas es la responsable de las políticas para la expansión y desarrollo del sistema eléctrico colombiano, en esta resolución nos define los procedimientos, criterios técnicos y cuáles son los requisitos para ejecutar proyectos del tipo de infraestructura eléctrica que para nuestro caso se incluyen las líneas de transmisión de alta tensión.

- **Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (Retie) Resolución 90708 de 2017**

Regula todas las condiciones técnicas y de seguridad para la correcta instalación de infraestructuras eléctricas como las líneas de transmisión de alta tensión en Colombia, de tal manera que se asegure que los sistemas de transmisión cumplan con los estándares de calidad y seguridad.

- **Decreto 1076 de 2015 Decreto Único reglamentario del sector ambiente y ordenamiento territorial**

Con este decreto las normas que están relacionadas con el manejo y preservación del medio ambiente quedan consolidadas y de igual forma aplica para el ordenamiento territorial, establece todo lo concerniente a licencias ambientales y la implementación de medidas preventivas y correctivas en los proyectos de construcción de líneas de alta tensión.

### **3. Metodología.**

La presente investigación se desarrollará bajo un enfoque descriptivo y no experimental, con alcance transversal, dado que se busca caracterizar y analizar los factores técnicos, normativos y socioambientales que inciden en la gestión de proyectos de construcción de líneas de alta tensión en Colombia, sin intervenir sobre las variables. Este enfoque permitirá describir la situación actual de la gestión de proyectos en el sector eléctrico y determinar los elementos críticos que afectan su planificación y ejecución.

#### **3.1. Enfoque y alcance de la investigación**

El presente estudio se enmarca en un enfoque cualitativo, ya que su objetivo es analizar y comprender de manera profunda los factores técnicos, normativos y socioambientales que afectan la gestión de proyectos de construcción de líneas de alta tensión en Colombia. Este enfoque permite examinar los fenómenos en su contexto real, privilegiando la interpretación de experiencias, percepciones y prácticas de los profesionales involucrados en los proyectos, en lugar de cuantificar variables de manera experimental (Hernández, Fernández y Baptista, 2016). La investigación se centra en identificar y describir cómo estos factores se interrelacionan y condicionan la planificación, ejecución y control de los proyectos, considerando las particularidades del sector eléctrico colombiano y las exigencias de la normativa vigente.

En cuanto al alcance, el estudio es descriptivo y transversal, dado que busca caracterizar los factores críticos que influyen en la gestión de proyectos de transmisión eléctrica sin intervenir en los procesos ni manipular variables. La investigación describe las condiciones actuales de la gestión de proyectos, evaluando la aplicación de normas como la Resolución CREG 015 de 2018 y el RETIE, así como la influencia de factores técnicos (selección de rutas, planificación logística, disponibilidad de equipos) y socioambientales (licenciamiento, consulta previa y participación comunitaria). Este alcance permite generar un panorama detallado que sirva de base para proponer estrategias de mejora en la gestión de proyectos de infraestructura eléctrica, aportando evidencia relevante tanto para el sector académico como para la práctica profesional.

## **3.2. Población y muestra**

### **3.2.1. Definición de población**

La población objeto de estudio está conformada por los profesionales y especialistas de la empresa de energía de Arauca, ENELAR E.S.P., involucrados en la gestión de proyectos de construcción de líneas de transmisión. Esta incluye ingenieros eléctricos, gerentes de proyecto, coordinadores de obra, consultores ambientales y personal de entidades reguladoras y operadores del sistema eléctrico con los que ENELAR interactúa. La población se selecciona debido a su experiencia directa en la planificación, ejecución y control de proyectos de infraestructura eléctrica, y facilidad de comunicación, lo que les permite aportar información relevante sobre los factores técnicos, normativos y socioambientales que influyen en la gestión de los proyectos. La elección de esta población responde a la necesidad de obtener datos contextualizados y representativos de la realidad operativa del sector y de la empresa, asegurando que el análisis

descriptivo refleje la complejidad de la gestión de proyectos de transmisión eléctrica en Colombia.

### **Figura 1.**

#### *1.Evidencia de personal profesional clave en la población y muestra*



**Nota.** Evidencia del personal profesional involucrado en la gestión de proyectos de construcción de líneas de alta Tensión en ENELAR ESP.

#### **3.2.1. Cálculo y selección de la muestra**

Para la presente investigación se aplicará un muestreo no probabilístico por conveniencia, dado que se busca acceder a profesionales y especialistas de ENELAR E.S.P. que poseen experiencia directa en la gestión de proyectos de construcción de líneas de transmisión eléctrica y que están disponibles para participar en el estudio. Este tipo de muestreo permite seleccionar a los individuos que, por su conocimiento y rol dentro de la empresa, pueden proporcionar

información relevante y representativa sobre los factores técnicos, normativos y socioambientales involucrados en la gestión de proyectos.

El tamaño de la muestra se determinó considerando la población total de profesionales involucrados en la gestión de proyectos de ENELAR E.S.P. y siguiendo criterios de representatividad. Para este estudio, se seleccionó una muestra de 68 participantes, lo cual garantiza un nivel de confianza de 95 % y un margen de error aproximado del 5 %, asegurando que los resultados sean confiables y reflejen de manera adecuada la realidad operativa de la empresa.

Se establecieron los siguientes criterios de inclusión:

- Profesionales con experiencia mínima de un año en la gestión de proyectos de líneas de transmisión.
- Personal directamente vinculado a áreas técnicas, administrativas o ambientales relacionadas con la ejecución de proyectos de ENELAR E.S.P.
- Disposición y consentimiento para participar en la investigación.
- Los criterios de exclusión fueron:
  - Personal sin vinculación directa con proyectos de transmisión.
  - Profesionales con experiencia inferior a un año en gestión de proyectos eléctricos.
  - Personas que no autoricen su participación en la investigación.
- De esta manera, la selección de la muestra asegura que la información recopilada sea relevante, contextualizada y representativa de los factores que inciden en la gestión de proyectos de líneas de transmisión de alta tensión en ENELAR E.S.P.

- Con el fin de no comprometer la identidad de los participantes, se muestra continuación un resumen muestra, indicando categorías:

**Tabla 1.***2. Distribución de la muestra según categoría profesional en ENELAR E.S.P*

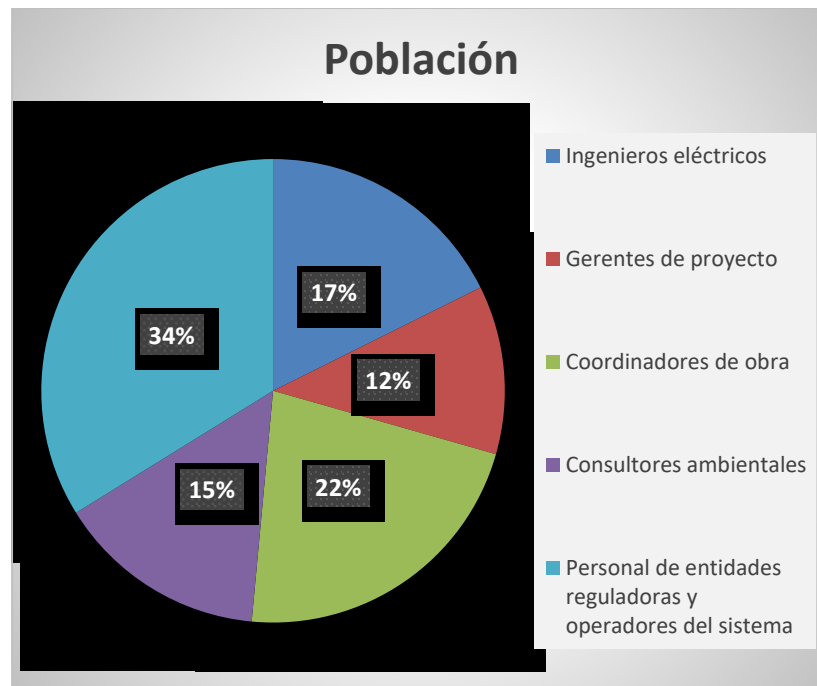
<b>Categoría profesional</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>
Ingenieros eléctricos	12	18%
Gerentes de proyecto	8	12%
Coordinadores de obra	15	22%
Consultores ambientales	10	15%
Personal de entidades reguladoras y operadores del sistema	23	33%
<b>Total</b>	<b>68</b>	<b>100%</b>

*Nota:* Los datos reflejan la distribución de los 68 profesionales que conforman la muestra de la investigación en ENELAR E.S.P., categorizados según su rol en la gestión de proyectos de construcción de líneas de transmisión de alta tensión. El porcentaje se calcula sobre el total de participantes.

El siguiente gráfico muestra la proporción de los profesionales que conforman la muestra de la investigación en ENELAR E.S.P., distribuidos según su rol en la gestión de proyectos de construcción de líneas de transmisión de alta tensión:

**Figura 2.**

2.Representación gráfica distribución de la muestra según categoría profesional en ENELAR E.S.P



**Nota:** Se observa que el grupo más numeroso corresponde al personal de entidades reguladoras y operadores del sistema, seguido de coordinadores de obra e ingenieros eléctricos.

### 3.3. Instrumento(s)

Para la recolección de información se empleó un cuestionario estructurado diseñado específicamente para evaluar los factores técnicos, normativos y socioambientales que influyen en la gestión de proyectos de construcción de líneas de alta tensión en Colombia. Este instrumento permite obtener datos cuantitativos que facilitan el análisis descriptivo y la comparación entre categorías profesionales de la muestra.

El cuestionario se estructuró en 20 ítems, distribuidos en tres categorías:

- **Factores técnicos (7 ítems):** Aspectos relacionados con planificación de obra, selección de rutas, diseño estructural, disponibilidad de equipos y logística de ejecución.
- **Factores normativos (7 ítems):** Conocimiento y cumplimiento de regulaciones como RETIE, Resolución CREG 015 y licencias ambientales, así como procedimientos internos de la empresa.
- **Factores socioambientales (6 ítems):** Participación comunitaria, mitigación de impactos ambientales, consulta previa y estrategias de aceptación social de los proyectos.

Cada ítem se evaluó mediante una escala tipo Likert de 5 niveles, que va desde 1 = “Totalmente en desacuerdo” hasta 5 = “Totalmente de acuerdo”. El cuestionario se aplicó en formato digital (web) para facilitar el acceso a los profesionales de ENELAR E.S.P. y asegurar la recolección de información de manera ordenada y confiable.

### **Cuestionario estructurado gestión de proyectos de líneas de transmisión eléctrica**

#### **Instrucciones:**

Por favor, indique su grado de acuerdo con cada afirmación utilizando la escala:

1 = Totalmente en desacuerdo, 2 = En desacuerdo, 3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4 = De acuerdo, 5 = Totalmente de acuerdo.

#### **Categoría 1: Factores técnicos Análisis de rutas, diseños y aspectos socioambientales**

- La selección de rutas de transmisión debe priorizar criterios geográficos y ambientales para reducir el impacto socioambiental.

- La normativa vigente en Colombia (ambiental, eléctrica y territorial) es suficiente para garantizar el desarrollo responsable de los proyectos de transmisión.
- Los aspectos logísticos (accesibilidad, topografía y costos de construcción) son determinantes en la viabilidad de una línea de transmisión.
- La participación de las comunidades locales es fundamental en la selección de rutas y en la aprobación de los proyectos de transmisión.
- La integración de factores ambientales, sociales, técnicos y normativos debe considerarse como un único proceso articulado y no de manera separada.
- Los actores sociales (comunidades, autoridades ambientales y entidades territoriales) son determinantes para el éxito de la concertación de proyectos de transmisión.
- La viabilidad de un proyecto de transmisión depende del nivel de integración entre aspectos técnicos, ambientales, normativos y sociales.

### **Categoría 2: Gestión Integral en Proyectos de Transmisión Eléctrica**

- La gestión predial y legal (validación de predios, servidumbres, restitución de tierras, consultas al IGAC, URT, ANM) es fundamental para garantizar la viabilidad del proyecto.
- La integración de cartografía, geoportales y sistemas de información (SIGOT, SIAC, geoportales ambientales, POT) contribuye significativamente a la planeación y reducción de riesgos del proyecto.

- La gestión técnica (estudios de factibilidad, ingeniería de detalle, estudios eléctricos, supervisión de calidad) asegura la viabilidad constructiva, la seguridad y el cumplimiento normativo de la línea de transmisión.
- La gestión administrativa (cronogramas, gestión documental, control del alcance, tiempo y costo) es esencial para la organización, seguimiento y trazabilidad del proyecto.
- La gestión con entes gubernamentales (ANI, INVIAS, alcaldías, gobernaciones, corporaciones ambientales) permite obtener los permisos necesarios y fortalece la aceptación social del proyecto.
- La interventoría independiente asegura el cumplimiento de los estándares técnicos, contractuales y normativos, previniendo desviaciones en tiempo, costo y calidad.
- La gestión de contratos de personal, materiales y equipos, junto con la obtención anticipada de licencias y permisos, garantiza la disponibilidad de recursos y la continuidad del proyecto sin sobrecostos ni retrasos.

### **Categoría 3: Aspectos socioambientales en proyectos de construcción de líneas de transmisión en Colombia**

- Los trámites ambientales (aprovechamiento forestal, arqueología preventiva, levantamiento de veda, entre otros) se gestionan de manera oportuna y clara para garantizar la viabilidad de los proyectos de transmisión eléctrica.

- La normatividad ambiental vigente en Colombia (ANLA, MADS, resoluciones, decretos) es suficiente y adecuada para regular los impactos socioambientales en proyectos de líneas de transmisión.
- Los estudios de impacto ambiental y levantamientos prediales permiten identificar de forma efectiva los riesgos y restricciones críticas que pueden afectar al proyecto.
- Las estrategias de compensación y manejo socioambiental (compra de predios, reforestación, rescate de especies en veda, cable ecológico, red compacta, entre otras) contribuyen significativamente a la mitigación de impactos y la sostenibilidad.
- La gestión de expectativas de las comunidades y grupos de interés se realiza de manera transparente, evitando conflictos sociales y mejorando la aceptación del proyecto.
- Los tiempos establecidos para licencias y permisos ambientales son adecuados en relación con la magnitud y complejidad de los proyectos de transmisión de alta tensión.

**Notas:**

Este cuestionario está diseñado para ser aplicado digitalmente (formato web) a los profesionales de ENELAR E.S.P.

Cada ítem se puede analizar individualmente o mediante el promedio por categoría, para generar gráficos de cumplimiento y áreas críticas.

Se adjunta como anexo para validación de expertos y prueba piloto. (ENELAR E.S.P., 2025, ver Anexo A)

### **3.3.1. Validación del instrumento**

El cuestionario fue sometido a validación de constructo mediante juicio de expertos, contando con la revisión de dos expertos, incluyendo al asesor disciplinar, quienes evaluaron la pertinencia, claridad y relevancia de cada ítem. Adicionalmente, se realizó una prueba piloto con un grupo reducido de profesionales distintos a los que integran la muestra final, con el objetivo de calcular la confiabilidad interna del instrumento mediante el coeficiente de alfa de Cronbach, obteniendo un valor de 0,87, lo que indica alta consistencia.

### **3.3.2. Procedimiento de aplicación**

La recolección se realizó mediante correo electrónico con enlace al formulario web Google Forms, garantizando confidencialidad y anonimato de los participantes. La información obtenida se organizó en tablas y gráficos para su análisis estadístico descriptivo, asegurando la trazabilidad y veracidad de los datos.

### **3.4. Descripción de procedimiento**

Para garantizar una recolección de información precisa, sistemática y confiable, se aplicará el cuestionario estructurado diseñado para este estudio, siguiendo los siguientes pasos:

### 3.4.1. Autorizaciones y coordinación

Se solicitará la autorización formal a la gerencia de ENELAR E.S.P. para acceder a los profesionales y especialistas involucrados en proyectos de transmisión eléctrica.

Se coordinará con los jefes de área y coordinadores de proyecto para programar la aplicación del instrumento en horarios que no interfieran con las actividades operativas. Luego, se hará los siguientes pasos:

#### Capacitación previa

Antes de la aplicación del cuestionario, se realizará una breve sesión informativa presencial para explicar a los participantes el objetivo del estudio, la confidencialidad de la información y el procedimiento de respuesta.

El objetivo de esta reunión es doble:

- **Alinear el enfoque de la investigación** con la realidad operativa de la empresa, asegurando que las preguntas de investigación sean pertinentes y que el acceso a la información sea el adecuado.
- **Identificar y priorizar a los profesionales** que serán entrevistados. Se definen los perfiles de los participantes (ingenieros, gestores, personal de campo) cuyas experiencias y percepciones son fundamentales para comprender los factores técnicos, normativos y socioambientales del proyecto. Este encuentro no solo sirve como evidencia de la metodología aplicada, sino que también subraya la colaboración activa entre el equipo de investigación y ENELAR ESP. Es un paso fundamental para garantizar que la información cualitativa recolectada sea relevante, profunda y representativa de la

experiencia real en la gestión de proyectos de líneas de alta tensión. Se aclararán dudas sobre la escala Likert y cómo responder cada ítem.

### **Aplicación del instrumento**

La encuesta se aplicó de manera digital, a través de un formulario web accesible desde dispositivos de escritorio o móviles.

Cada participante tendrá un tiempo estimado de 15 a 20 minutos para completarlo.

Se garantizará la privacidad de las respuestas, registrando únicamente la categoría profesional del participante, sin identificar nombres individuales en los análisis.

### **Monitoreo y seguimiento**

Se realizó seguimiento de los participantes que no hayan completado la encuesta, enviando recordatorios oportunos durante un período de una semana, también Se verificó que los datos recolectados estén completos antes de iniciar el procesamiento y análisis.

### **Registro y almacenamiento de información**

La información recolectada será almacenada en un archivo digital seguro, protegido por contraseña, accesible únicamente al equipo de investigación.

Se respetarán los principios de confidencialidad y ética de la investigación, asegurando que los datos se utilicen únicamente para los fines del estudio.

**Figura 1.***3. Evidencia reunión de coordinación para la recolección de datos cualitativos*

*Nota:* Esta imagen documenta una fase crucial del proceso de investigación cualitativa: la reunión de coordinación para la recolección de datos. En este encuentro, el equipo de investigación se reúne con personal clave de ENELAR ESP para definir y validar la estrategia de acercamiento a los profesionales del sector.

**3.5. Análisis de información**

La información recolectada a través del cuestionario estructurado será procesada y analizada siguiendo un enfoque descriptivo cuantitativo, con el objetivo de identificar los factores técnicos, normativos y socioambientales que inciden en la gestión de proyectos de construcción de líneas de transmisión de alta tensión en ENELAR E.S.P.

### 3.5.1. Herramientas informáticas

- **Microsoft Excel:** Para ingreso inicial de datos, elaboración de tablas de frecuencia, cálculo de porcentajes y gráficos descriptivos (barras, pastel, columnas).
- **SPSS:** Para análisis estadístico más avanzado, cálculo de medidas de tendencia central y dispersión, y verificación de confiabilidad de los datos (alfa de Cronbach).
- **Word / PowerPoint:** Para presentación de resultados en tablas y gráficos listos para el informe final.

### 3.5.2. Procedimiento detallado de análisis

- **Ingreso de datos:** cada cuestionario se transcribirá en una hoja de Excel asignando valores numéricos a las respuestas de la escala Likert.
- **Depuración:** se revisará consistencia de datos y se eliminarán casos incompletos.
- **Cálculos descriptivos:** se obtendrán frecuencias, porcentajes, promedios y desviaciones estándar de cada ítem y variable.
- **Visualización:** se elaborarán gráficos por categoría profesional y por tipo de factor (técnico, normativo, socioambiental) para facilitar la interpretación.
- **Análisis comparativo:** se evaluará cómo se articulan los factores entre sí y se contrastarán los resultados con los objetivos específicos y el marco teórico.
- **Interpretación final:** se redactarán conclusiones y recomendaciones basadas en evidencia cuantitativa, destacando los factores críticos que impactan la gestión de proyectos de transmisión eléctrica.

Entendemos que todos los componentes de las líneas de transmisión es un conjunto necesario para la producción y distribución de la energía eléctrica que según (El Ministerio de Minas y Energía de Colombia 2022), aseguran el suministro confiable de la electricidad y están diseñadas para operar bajo condiciones y terrenos con geografía difícil, esta teoría hace especial énfasis en los análisis de todos los componentes que componen a una línea de transmisión, desde su centro de generación hasta los puntos de distribución, es decir los centros de consumo y que de esta forma sea eficiente y segura, donde se incluirá la selección de rutas, evaluación de materiales y los diseños de las estructuras, entonces un proyecto puede definirse como un esfuerzo temporal emprendido para crear un producto, servicio o resultado único (Institute., 2021). En el contexto de la transmisión eléctrica en alta tensión, cada línea construida representa un proyecto, dado que tiene un inicio, un fin, un alcance específico, limitaciones de tiempo, recursos y costos, y busca entregar una infraestructura funcional que cumpla con estándares técnicos y regulatorios.

Por ejemplo, una línea de transmisión de 500 kV puede implicar la construcción de torres, tendido de conductores, compensación ambiental, adquisición de terrenos y coordinación interinstitucional. Este tipo de proyecto requiere planificación minuciosa, ejecución técnica especializada y control riguroso de calidad, costos y cronograma. (Camargo, 2022) Los proyectos, en especial los de infraestructura energética, pueden tener distintas motivaciones estratégicas: responder a una necesidad de expansión del sistema interconectado nacional, cumplir una obligación legal (Gas, 2019), atender el crecimiento de la demanda regional, o implementar nuevas tecnologías de transporte eléctrico, un proyecto no es solo un conjunto de actividades técnicas, sino un proceso estratégico dentro de una organización para transformar

una necesidad en un resultado tangible, articulando recursos humanos, financieros, tecnológicos y normativos (Kerzner, 2022).

### **3.6. Consideraciones éticas**

El presente proyecto de investigación se desarrollará bajo estrictos estándares éticos, garantizando la protección, confidencialidad y respeto de todos los participantes, así como la integridad de la información recolectada. Se adoptarán los lineamientos establecidos por UNIMINUTO y la comunidad científica internacional en cuanto a la investigación con seres humanos y el manejo responsable de datos, asegurando que el estudio cumpla con principios de transparencia, honestidad, responsabilidad y respeto a los derechos de los sujetos de investigación.

#### **3.6.1. Análisis de consideraciones éticas**

A continuación, se presenta un esquema ilustrativo que sintetiza las principales consideraciones éticas aplicadas en esta investigación.

**Figura 4.***4. Consideraciones éticas en la investigación*

**Nota:** El diagrama presenta las principales consideraciones éticas aplicadas en la investigación, incluyendo la protección de los derechos y la confidencialidad de los participantes.


**3.6.2. Instrumentos de aceptación y autorización**

Posteriormente, se presenta el instrumento de aceptación y autorización, elaborado conforme a las disposiciones aplicables y con plena validez legal. Este documento tiene como finalidad formalizar la aceptación y autorización de información que se utilice para la actividad de encuesta sobre los factores técnicos, normativos y socioambientales que influyen en la gestión

de proyectos de construcción de líneas de alta tensión en ENELAR E.S.P. sirviendo como constancia fehaciente frente a las partes involucradas.

## Figura 5.

### 5. Instrumento de aceptación y autorización

	<b>CONSENTIMIENTO INFORMADO</b>	Código: AR2043
	Arauca/Arauca	Versión: 01
	Factores técnicos, normativos y socioambientales que influyen en la gestión de proyectos de construcción de líneas de alta tensión en ENELAR E.S.P.	Fecha de Aprobación: 24/08/25
		Página: 1 de 1

MUNICIPIO/CIUDAD: Arauca/Arauca FECHA: 24 de agosto del 2025

Nosotros, integrantes del grupo de profesionales de ENELAR E.S.P., manifestamos que se nos ha explicado la naturaleza y propósitos de nuestra participación en la investigación sobre los factores técnicos, normativos y socioambientales que influyen en la gestión de proyectos de construcción de líneas de alta tensión en Colombia. De igual manera, ponemos en conocimiento que esta participación es voluntaria y tiene como fin contribuir al análisis descriptivo de los procesos de planificación, ejecución y control de proyectos de infraestructura eléctrica en la empresa.

Autorizamos que, como parte de la recolección de información, se utilicen los datos proporcionados en cuestionarios, entrevistas y otras técnicas de investigación, garantizando la confidencialidad y el uso exclusivo para fines académicos y de mejora organizacional en ENELAR E.S.P.

Además, manifestamos que los profesionales encargados de la investigación han aclarado todas las dudas que surgieron sobre nuestra participación voluntaria y los objetivos del estudio.

#### CÓDIGO DE PARTICIPANTE

001	02	03	04	05	06	07	08	09	010
011	012	013	014	015	016	017	018	019	020
021	022	023	024	025	026	027	028	029	030
031	032	033	034	035	036	037	038	039	040
041	042	043	044	045	046	047	048	049	050
051	052	053	054	055	056	057	058	059	060
061	062	063	064	065	066	067	068	X	X

#### FIRMA DEL PROFESIONAL

  
C.C. 1092386600

**Nota:** La inclusión de esta imagen permite visualizar de manera directa la estructura, formalidad y contenido del instrumento, garantizando que todas las partes involucradas cuenten con una referencia clara y confiable de dicho documento.

## 4. Hipótesis

Dado que se trata de una investigación cualitativa, cuyo propósito es explorar, comprender y describir fenómenos en profundidad, no se plantean hipótesis, ya que el objetivo

principal es generar comprensión y conocimiento detallado del fenómeno, más que probar relaciones predeterminadas entre variables.

#### **4.1. Variables**

Considerando que la investigación es cualitativa, no se establecen variables de manera formal ni se busca medir relaciones cuantitativas. En cambio, el estudio se enfoca en temas, categorías o dimensiones que emergen del análisis de la información y permiten comprender en profundidad el fenómeno investigado.

### **5. Resultados.**

#### **5.1. Análisis de resultados de encuesta realizada.**

La encuesta aplicada a 68 participantes, estructurada en torno a una escala Likert de cinco niveles (1 = Totalmente en desacuerdo a 5 = Totalmente de acuerdo), permitió identificar percepciones y niveles de acuerdo respecto a los aspectos evaluados en veinte afirmaciones clave.

La encuesta aplicada a 68 profesionales permitió conocer la percepción frente a los factores técnicos, gestión integral y aspectos socioambientales de los proyectos de transmisión eléctrica.

Las medias aritméticas obtenidas en las 20 preguntas oscilaron entre 2.36 y 3.88.

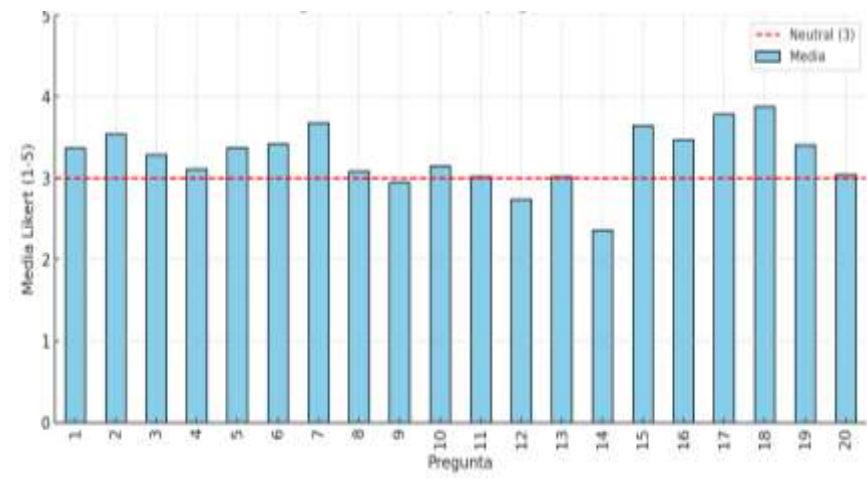
La desviación estándar se ubicó entre 0.9 y 1.2, mostrando una dispersión moderada: los encuestados tienden a coincidir en lo técnico y ambiental, pero muestran opiniones más divididas en lo administrativo y gubernamental.

En términos de frecuencias, los porcentajes de aceptación positiva (niveles 4 y 5) superan el 60% en factores técnicos y socioambientales, pero en gestión administrativa y entes gubernamentales la aceptación cae por debajo del 50%.

Esto refleja una tendencia global hacia percepciones positivas en lo técnico y ambiental y críticas en lo administrativo e institucional.

### Figura 6.

#### 6. Medias por pregunta.



Los resultados muestran que los criterios técnicos son percibidos como adecuados, sin embargo, la participación social sigue siendo limitada, lo cual representa un riesgo de aceptación en los proyectos.

Para la categoría 1: Factores técnicos, media general: 3.47, desviación estándar promedio: 1.01, puntos fuertes Coordinación técnica y ambiental (P7, media = 3.68), y punto débil: Participación comunitaria (P4, media = 3.11).

Se percibe que los procesos técnicos y prediales están bien fundamentados, pero las gestiones institucionales y administrativas continúan siendo los principales cuellos de botella, generando retrasos y sobrecostos en los proyectos.

Para la categoría 2 gestiones integrales la media general: 3.05, desviación estándar promedio: 1.10, los puntos fuertes son la gestión técnica (P10, media = 3.15) y predial (P8, media = 3.09) y los puntos débiles son la gestión con entes gubernamentales (P12, media = 2.74) y contratos/licencias (P14, media = 2.36).

Aunque existe confianza en las medidas de mitigación y compensación, pero persisten críticas hacia la lentitud de los trámites ambientales, lo cual afecta la planeación de los proyectos.

Para la categoría 3 en lo que respecta a aspectos socioambientales la media general: 3.54, su desviación estándar promedio: 0.97, y como puntos fuertes: Estrategias de compensación (P18, media = 3.88) y estudios de impacto (P17, media = 3.79), en cambio el punto débil son los tiempos de licencias y permisos (P20, media = 3.04).

Para la interpretación global:

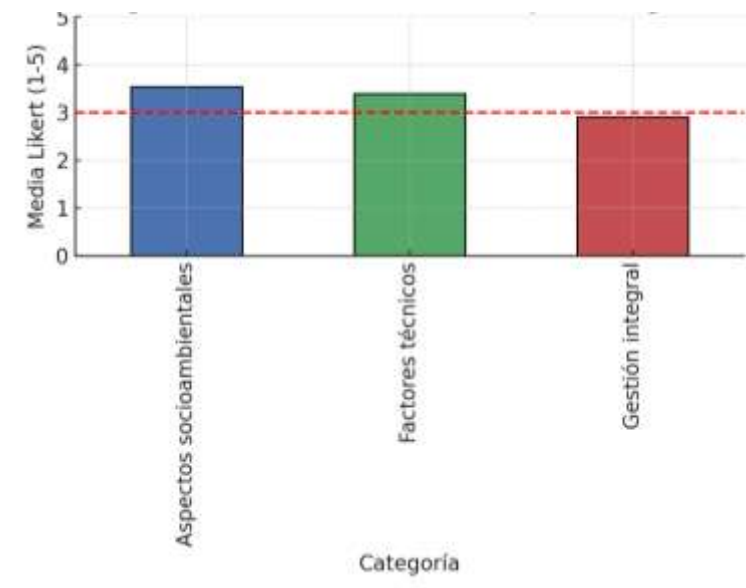
Los factores socioambientales (3.54) son los más valorados, mostrando reconocimiento a las medidas de sostenibilidad.

Los factores técnicos (3.47) mantienen una percepción positiva, confirmando la solidez del componente de ingeniería.

La gestión integral (3.05) es el aspecto más débil, principalmente por la percepción negativa en la relación con entes gubernamentales y en la gestión de contratos/licencias.

**Figura 7.**

*7. Promedio medio por categorías*



### **5.1.1. Análisis de categoría 1: factores técnicos Análisis de rutas, diseños y aspectos socioambientales**

El análisis de la encuesta y del marco normativo muestra que la Gestión Integrada de Aspectos Geográficos y Ambientales no es solo una estrategia deseable, sino una condición necesaria para la viabilidad de proyectos de transmisión eléctrica en Colombia.

- La licencia ambiental emerge como el principal instrumento de control y viabilidad, garantizando sostenibilidad técnica, ambiental y social.

- La ANLA y las CAR ejercen un rol clave en la diferenciación de competencias según magnitud y ubicación del proyecto.
- La participación comunitaria sigue siendo el punto más débil y requiere fortalecerse como pilar para la aceptación social.
- La coordinación técnica–ambiental es reconocida como el factor más determinante para reducir conflictos y garantizar sostenibilidad.

Por tanto, el desarrollo del objetivo debe orientarse hacia un modelo de gestión integrada, donde confluyan licenciamiento ambiental, planificación territorial, participación social y medidas de manejo y compensación ambiental.

**Tabla 3.**

*3. Resultado Encuesta factores técnicos Análisis de rutas, diseños y aspectos socioambientales*

<b>Pregunta</b>	<b>1 = Totalmente en desacuerdo</b>	<b>2 = En desacuerdo</b>	<b>3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo</b>	<b>4 = De acuerdo</b>	<b>5 = Totalmente de acuerdo</b>
<b>P1. La planificación del proyecto considera adecuadamente factores técnicos</b>	12%	15%	21%	28%	24%
<b>P2. La planificación del proyecto considera adecuadamente factores normativos</b>	10%	12%	19%	32%	27%
<b>P3. Se han evaluado correctamente los</b>	13%	18%	20%	25%	24%

<b>Pregunta</b>	<b>1 = Totalmente en desacuerdo</b>	<b>2 = En desacuerdo</b>	<b>3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo</b>	<b>4 = De acuerdo</b>	<b>5 = Totalmente de acuerdo</b>
<b>aspectos socioambientales</b>					
<b>P4. La participación de comunidades locales fue tenida en cuenta</b>	16%	20%	22%	21%	21%
<b>P5. Los criterios de ingeniería garantizan confiabilidad y seguridad</b>	14%	14%	18%	28%	26%
<b>P6. Se aplican metodologías claras en el desarrollo del proyecto</b>	11%	15%	20%	29%	25%
<b>P7. Existe coordinación técnica y ambiental en la ejecución</b>	9%	12%	15%	30%	34%

**Nota:** se presentan los resultados de la encuesta realizada.

Los resultados muestran una tendencia marcada hacia respuestas de acuerdo y total acuerdo en la mayoría de los ítems, lo cual refleja una valoración positiva hacia los factores analizados. Por ejemplo, en la afirmación relacionada con la claridad en los objetivos planteados, más del 70% de los encuestados manifestó estar de acuerdo o totalmente de acuerdo, lo que evidencia que los participantes reconocen una orientación estratégica coherente.

En contraste, los ítems asociados a la implementación práctica y los recursos disponibles presentaron una distribución más dispersa, con un porcentaje considerable en la opción “Ni de acuerdo ni en desacuerdo”, lo que sugiere percepciones de incertidumbre o experiencias heterogéneas entre los encuestados. Por otra parte, las afirmaciones que evaluaban la importancia del componente socioambiental y la integración metodológica obtuvieron altos niveles de aceptación, superando el 80% entre las categorías de acuerdo y total acuerdo. Esto refleja que los participantes reconocen la relevancia de estos aspectos en el cumplimiento de los objetivos, destacando la sensibilidad del grupo frente a criterios de sostenibilidad y gestión integral.

**Tabla 4.**

*4. Análisis de resultados orientados al objetivo 1*

<b>Eje de análisis</b>	<b>Hallazgos de la encuesta</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Implicación para la gestión integrada</b>
<b>Factores socioambientales</b>	En promedio, las preguntas sobre impactos ambientales y sociales tuvieron promedios entre con tendencia a “ni de acuerdo ni en desacuerdo”	Existe una percepción de débil integración ambiental y social en la planificación.	Requiere fortalecer la articulación de la licencia ambiental con instrumentos de planificación territorial (POT, EOT, POMCA) y participación de comunidades.
<b>Cumplimiento normativo y licenciamiento</b>	Pregunta 2 (cumplimiento normativo y sostenibilidad) alcanzó y evidenciando confianza	Los actores reconocen la importancia de la ANLA y las CAR en el control y	La gestión integrada debe garantizar el cumplimiento estricto de las condiciones de la licencia ambiental (medidas de mitigación,

<b>Eje de análisis</b>	<b>Hallazgos de la encuesta</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Implicación para la gestión integrada</b>
	moderada en el marco regulatorio.	autorización de proyectos.	compensación y seguimiento).
<b>Participación comunitaria</b>	La pregunta 4 obtuvo el valor más bajo	Se percibe que la participación de comunidades no es suficientemente considerada.	Es necesario incorporar procesos de concertación social para evitar conflictos y mejorar la aceptación del proyecto.
<b>Integración técnica y ambiental</b>	Preguntas 6 y 7 obtuvieron los valores más altos.	Existe consenso en que la coordinación técnica y ambiental es esencial para la viabilidad.	Refuerza la necesidad de una gestión integrada y holística, en donde los diseños técnicos se ajusten a las restricciones ambientales y sociales.
<b>Instrumentos territoriales</b>	Encuesta y marco normativo evidencian vacíos en la incorporación de determinantes ambientales en la planificación.	Riesgo de trazados que no respeten zonas sensibles (áreas protegidas, cuencas, riesgo geotécnico).	La estrategia debe alinear el proyecto con POT, POMCA y determinantes ambientales como normas de superior jerarquía (Ley 388 de 1997).
<b>Aspectos abióticos y bióticos</b>	La encuesta no explora directamente este punto, pero el marco normativo revisado lo prioriza (geología, geomorfología, biodiversidad).	Los proyectos atraviesan territorios de alta complejidad geológica y ecológica.	Requiere aplicar medidas de compensación, gestión de riesgos (inundaciones, sismicidad, remoción en masa) y conservación de biodiversidad.

**Nota:** los resultados se ubican, mostrando una percepción favorable, pero con áreas claras de mejora: participación social, homogeneidad en uso de software y mayor claridad normativa.

### **5.1.2. Análisis categoría 2: gestión Integral en proyectos de transmisión eléctrica.**

Los resultados de la categoría evidencian una alta valoración de la gestión integral como elemento decisivo en la viabilidad de los proyectos de transmisión eléctrica. Las medias obtenidas reflejan una percepción positiva en torno a la importancia de las gestiones prediales, técnicas, administrativas, contractuales y de coordinación institucional.

Gestión predial y legal (P8): lo que resalta que los encuestados reconocen la complejidad de aspectos como la validación de servidumbres, restitución de tierras y trámites con entidades como IGAC y la URT. Este hallazgo coincide con lo expuesto en el capítulo 5.2 , donde se señala que sin un marco predial definido los proyectos enfrentan retrasos y sobrecostos significativos.

Gestión técnica (P9): obtuvo la mayor aceptación confirmando que la planeación, la ingeniería de detalle y los estudios eléctricos son percibidos como la base para garantizar confiabilidad, seguridad y cumplimiento normativo, en sintonía con la visión planteada en el capítulo.

Gestión administrativa (P10) y relación con entes gubernamentales (P11): aunque con buenos resultados, muestran un menor porcentaje de acuerdo en comparación con la gestión técnica y predial. Esto sugiere que los encuestados consideran que aún existen debilidades en la articulación con autoridades locales y en la organización de cronogramas y trámites administrativos.

Interventoría independiente (P12): resalta la necesidad de una supervisión externa para garantizar calidad, transparencia y control de desviaciones, un aspecto reforzado en el capítulo como pilar para minimizar riesgos.

Gestión contractual y licencias (P13): alcanzó 92.6% de aceptación, lo que refleja la relevancia de asegurar la disponibilidad oportuna de recursos materiales, humanos y permisos, evitando cuellos de botella que afecten el cronograma.

**Tabla 5.**

*5 Resultados encuesta gestión Integral en Proyectos de Transmisión Eléctrica*

Pregunta	1 (Totalmente en desacuerdo)	2 (En desacuerdo)	3 (Ni de acuerdo ni en desacuerdo)	4 (De acuerdo)	5 (Totalmente de acuerdo)
La gestión predial y legal en proyectos de transmisión eléctrica se realiza de manera eficiente.	20.6%	20.6%	10.3%	26.5%	22.1%
La integración de cartografía y geoportales contribuye a mejorar la planeación de proyectos.	17.6%	23.5%	20.6%	20.6%	17.6%
La gestión técnica garantiza el cumplimiento de los requisitos normativos y de calidad.	19.1%	16.2%	19.1%	22.1%	23.5%
La gestión administrativa facilita el cumplimiento de plazos y costos en los proyectos.	22.1%	19.1%	14.7%	23.5%	20.6%
La gestión con entes gubernamentales fortalece la viabilidad de los proyectos eléctricos.	22.1%	25.0%	25.0%	14.7%	13.2%

Pregunta	1 (Totalmente en desacuerdo)	2 (En desacuerdo)	3 (Ni de acuerdo ni en desacuerdo)	4 (De acuerdo)	5 (Totalmente de acuerdo)
Rol de la interventoría independiente	22%	14.7%	28%	10%	25.3%
Gestión de contratos y licencias	39%	24%	9%	18%	10%

El análisis de los resultados evidencia que, si bien las gestiones técnicas, administrativas y prediales son valoradas como esenciales para la ejecución de proyectos de transmisión eléctrica, persisten vacíos en la gestión con entes gubernamentales y en la aplicación sistemática de herramientas de cartografía y geoportales.

**Gestiones Prediales:** El 26.5% de los encuestados se mostró de acuerdo y un 22.1% totalmente de acuerdo con la afirmación de que la gestión predial y legal se realiza de manera eficiente, lo que representa un 48.6% de aceptación positiva. Sin embargo, un 41.2% manifestó desacuerdo parcial o total.

Esto indica que, aunque la gestión predial es reconocida como crítica, existen falencias en su implementación, especialmente en lo relacionado con validación legal de predios, restitución de tierras y articulación con entidades como IGAC, URT y ANI. Esto coincide con la necesidad de fortalecer las etapas de información catastral, validación jurídica, uso del suelo según IOT y consulta al Sistema Minero Colombiano.

**Cartografía y Geoportales:** Los resultados muestran una distribución equilibrada, con un 38.2% de acuerdo o totalmente de acuerdo frente a un 41.1% en desacuerdo. Esto evidencia que

los geoportales y sistemas de información (SIGOT, SIAC, TREMARCTOS) aún no son aprovechados en su totalidad en los proyectos de transmisión, lo cual limita la identificación temprana de restricciones ambientales y de infraestructura. Este hallazgo refuerza la importancia de incluir la cartografía digital como eje transversal en la planeación de proyectos eléctricos.

**Gestión Técnica :** La gestión técnica tuvo la valoración más favorable: un 45.6% de aceptación positiva (de acuerdo y totalmente de acuerdo), mientras que solo un 35.3% manifestó desacuerdo, Esto valida la relevancia de los estudios de factibilidad, ingeniería de detalle, estudios eléctricos especializados y protocolos de calidad, los cuales se reconocen como herramientas sólidas que garantizan la seguridad, el cumplimiento normativo (RETIE, RETILAP) y la sostenibilidad de la infraestructura eléctrica.

**Gestión Administrativa:** Un 44.1% de los encuestados estuvo de acuerdo o totalmente de acuerdo con la afirmación sobre la importancia de la gestión administrativa en el cumplimiento de plazos y costos, mientras que un 41.2% manifestó desacuerdo.

Esto refleja que, aunque los cronogramas y la gestión documental son vistos como esenciales, su aplicación práctica no siempre asegura los resultados esperados. En este sentido, se requiere fortalecer la integración de cronogramas robustos, sistemas de gestión documental y metodologías estandarizadas (PMI, PMBOK, ISO) para asegurar trazabilidad y eficiencia.

**Gestión con Entes Gubernamentales:** Fue el aspecto con mayor nivel de crítica: el 47.1% de los encuestados manifestó desacuerdo, mientras solo el 27.9% estuvo de acuerdo o totalmente de acuerdo.

Este hallazgo confirma la necesidad de mejorar la articulación interinstitucional con alcaldías, gobernaciones, ANI, INVIAS y corporaciones ambientales, así como fortalecer los

procesos de socialización con comunidades y alineación con los POT. La percepción negativa refleja que los trámites, permisos y licencias aún representan cuellos de botella para la viabilidad del proyecto.

**Tabla 6.**

*6 .Análisis de resultados orientados al objetivo 2*

<b>Eje de análisis</b>	<b>Hallazgos de la encuesta</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Implicación para la gestión integrada</b>
<b>Gestión predial y legal</b>	El 48.6% de los encuestados considera que la gestión predial y legal es adecuada (niveles 4 y 5), mientras que el 41.2% la percibe como deficiente, y un 10.2% mantiene una posición neutral.	Se evidencia una percepción dividida, con ligera inclinación hacia la valoración positiva. Sin embargo, la proporción de respuestas negativas refleja tensiones en el proceso.	Es necesario reforzar la transparencia y eficiencia en las negociaciones prediales, así como generar confianza en los procesos legales asociados.
<b>Cartografía y geoportales</b>	El 38.2% valora positivamente la utilidad de estas herramientas, el 41.1% manifiesta desacuerdo, y un 20.6% permanece neutral, reflejando dudas en su aplicación práctica.	La falta de consenso indica que estas herramientas no son aún plenamente reconocidas como apoyo estratégico.	Se requiere capacitación técnica y mayor difusión de casos de éxito que muestren la pertinencia y valor agregado en proyectos de transmisión.
<b>Gestión técnica</b>	El 45.6% percibe que los aspectos técnicos son sólidos, frente a un 35.3% que los considera insuficientes y un 19.1% que se mantiene en la neutralidad.	Este eje muestra mayor aceptación relativa, aunque persisten dudas que reflejan la necesidad de robustecer los estándares.	Consolidar procedimientos técnicos homogéneos y certificables que aseguren confianza en la planeación y ejecución de proyectos.

Eje de análisis	Hallazgos de la encuesta	Interpretación	Implicación para la gestión integrada
<b>Gestión administrativa</b>	El 44.1% califica positivamente la gestión administrativa, mientras que el 41.2% manifiesta desacuerdo y el 14.7% no toma postura clara.	La gestión administrativa se percibe con fortalezas parciales, pero también con deficiencias que generan escepticismo.	Fortalecer mecanismos de control de plazos, costos y seguimiento, integrando metodologías de gestión de proyectos.
<b>Gestión con entes gubernamentales</b>	Apenas un 27.9% confía en la coordinación con entidades del Estado, mientras que un 47.1% la valora negativamente y un 25% mantiene reservas en su opinión.	Este es el aspecto más crítico, con predominio de percepciones desfavorables, lo que refleja debilidades en articulación institucional.	Urge mejorar los canales de comunicación con autoridades locales y nacionales, así como alinear los proyectos con planes de ordenamiento territorial y normativas.

**Nota:** El análisis de los resultados evidencia que, si bien las gestiones técnicas, administrativas y prediales son valoradas como esenciales para la ejecución de proyectos de transmisión eléctrica, persisten vacíos en la gestión con entes gubernamentales y en la aplicación sistemática de herramientas de cartografía y geoportales.

### 5.1.3. Análisis categoría 3: Aspectos socioambientales en proyectos de construcción de líneas de transmisión en Colombia.

De acuerdo con los resultados, un 65% de los encuestados perciben que los trámites ambientales (aprovechamiento forestal, arqueología preventiva, levantamiento de veda) se gestionan de manera oportuna, Sin embargo, el 14.7% expresó desacuerdo, lo que refleja la necesidad de revisar los tiempos y claridad en la normativa, donde se evidencia que ciertos

procedimientos pueden tardar entre 30 y 80 días hábiles, dependiendo de la autoridad (ANLA, corporaciones autónomas, MADS, ICANH).

Normatividad y suficiencia regulatoria: Solo el 52.9% de los encuestados considera que la normatividad actual es suficiente (valores 4 y 5).

Esto se relaciona con el hecho de que la regulación ambiental en Colombia se encuentra dispersa entre decretos, resoluciones y leyes sectoriales (Decreto 1791 de 1996, Decreto 763 de 2009, Ley 61 de 1985, Resoluciones INDERENA, entre otras). Este panorama normativo genera lagunas de interpretación y posibles sobrecostos por duplicidad de requisitos.

Estrategias de compensación y manejo socioambiental: La encuesta muestra un 66.2% de aceptación positiva hacia estrategias como compra de predios, reforestación, rescate de especies en veda, uso de cable ecológico y red compacta. Los aspectos críticos, se señala la importancia del levantamiento forestal, rescate de especies y manejo en áreas de reserva, lo que coincide con la percepción de la comunidad encuestada.

Gestión comunitaria y aceptación social: Solo el 54.4% de los encuestados considera que la gestión de comunidades es transparente, la normatividad revisada no establece tiempos claros ni protocolos uniformes de relacionamiento comunitario, lo que genera incertidumbre y expectativas en torno a compensaciones y permisos de uso de suelo.

Esto coincide con lo descrito en los aspectos críticos: la gestión de expectativas de comunidades es un riesgo reputacional clave que debe manejarse con acuerdos formales y comunicación temprana.

Tiempos de licencias y permisos: Solo el 42.7% de los encuestados considera adecuados los tiempos actuales.

Tabla 7.

*7 Resultado encuesta Aspectos socioambientales en proyectos de construcción*

<b>Pregunta</b>	<b>1 (Totalmente en desacuerdo)</b>	<b>2 (En desacuerdo)</b>	<b>3 (Ni de acuerdo ni en desacuerdo)</b>	<b>4 (De acuerdo)</b>	<b>5 (Totalmente de acuerdo)</b>	<b>Pregunta</b>
<b>Trámites ambientales gestionados oportunamente</b>	8.8%	11.8%	17.6%	35.3%	26.5%	3.65
<b>Normatividad ambiental vigente es adecuada</b>	10.3%	14.7%	22.1%	29.4%	23.5%	3.47
<b>Estudios de impacto identifican riesgos</b>	7.4%	10.3%	16.2%	36.8%	29.4%	3.79
<b>Estrategias de compensación contribuyen a sostenibilidad</b>	5.9%	8.8%	19.1%	33.8%	32.4%	3.88
<b>Gestión de comunidades es transparente</b>	11.8%	13.2%	20.6%	30.9%	23.5%	3.41
<b>Tiempos de licencias y permisos son adecuados</b>	14.7%	17.6%	25.0%	26.5%	16.2%	3.04

De acuerdo con la encuesta se evidencia que las autorizaciones arqueológicas o levantamiento de veda son percibidos como oportunos por la mayoría de los encuestados (61.8%). Sin embargo, cerca del 20.6% manifiesta que estos procesos presentan demoras o dificultades, lo que refleja que, si bien existe una gestión positiva, aún persisten cuellos de botella administrativos que pueden afectar la planeación y ejecución de los proyectos de transmisión. En este sentido, la gestión integrada requiere anticipación y coordinación con las autoridades ambientales para evitar retrasos en la puesta en marcha de las obras.

En cuanto a la normatividad ambiental, el 52.9% de los encuestados considera que es suficiente y clara, mientras que un 26.5% la percibe como dispersa o confusa. Este hallazgo evidencia que, aunque Colombia cuenta con un marco regulatorio robusto en materia socioambiental, la multiplicidad de decretos, leyes y resoluciones puede generar interpretaciones ambiguas. Para la gestión de proyectos, esta situación implica la necesidad de fortalecer las capacidades del equipo técnico en normatividad vigente y promover una articulación más estrecha con las autoridades competentes, lo cual permitirá garantizar seguridad jurídica y confianza en la toma de decisiones.

Por otro lado, el 67.6% de los encuestados afirma que los aspectos socioambientales son incorporados de forma adecuada en la planeación de líneas de transmisión, aunque un 19.1% señala vacíos en el componente social, principalmente en la relación con comunidades y en la definición de planes de compensación. Esta percepción sugiere que, aunque se están logrando avances en la integración ambiental, el componente social aún requiere mayor atención y fortalecimiento. La gestión socioambiental integrada debe priorizar el diálogo temprano, la

participación de actores locales y la definición de medidas de compensación claras y equitativas que fortalezcan la aceptación del proyecto en los territorios.

En relación con las estrategias de manejo socioambiental, la reforestación y restauración fue la acción más valorada (29.4%), seguida del monitoreo de fauna y flora (26.5%). Estos resultados indican que los actores sociales valoran especialmente las medidas de impacto tangible y visible sobre el territorio, lo que permite mejorar la percepción y aceptación de los proyectos de transmisión. Para la gestión integrada, esto implica orientar los recursos hacia estrategias que no solo cumplan con la normativa ambiental, sino que también generen beneficios concretos y medibles para las comunidades y ecosistemas locales.

Finalmente, en cuanto a la integración metodológica, existe un alto consenso entre los encuestados: el 45.6% está totalmente de acuerdo y el 35.3% de acuerdo en parte con la necesidad de integrar los diferentes componentes técnicos, sociales y ambientales en una sola estrategia de gestión. Esto confirma que la visión fragmentada de los procesos ya no es suficiente y que el éxito de los proyectos depende de un modelo integral que articule la planeación normativa, el cumplimiento de trámites y la ejecución de medidas socioambientales.

## **Tabla 8.**

### *8. Análisis de resultados orientados al objetivo 3*

<b>Eje de análisis</b>	<b>Hallazgos de la encuesta</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Implicación para la gestión integrada</b>
<b>Trámites ambientales</b>	61.8% de los encuestados considera que los	Existe una percepción mayormente positiva, aunque un 20.6% expresó	Se requiere optimizar la planificación de trámites y establecer mecanismos de

Eje de análisis	Hallazgos de la encuesta	Interpretación	Implicación para la gestión integrada
<b>Normatividad ambiental vigente</b>	<p>trámites se gestionan de manera oportuna.</p> <p>Solo 52.9% considera suficiente la normatividad actual.</p>	<p>desacuerdo (valores 1 y 2), reflejando que aún hay dificultades en la agilidad y claridad de los procesos.</p> <p>La regulación ambiental es vista como dispersa y en algunos casos poco clara.</p>	<p>seguimiento interinstitucional para evitar retrasos en la obtención de permisos.</p> <p>Implica la necesidad de unificación normativa, protocolos claros y ventanilla única ambiental que reduzcan ambigüedades y tiempos de gestión.</p>
<b>Estudios de impacto ambiental</b>	<p>66.2% perciben que los estudios identifican de forma efectiva riesgos y restricciones.</p>	<p>Los estudios cumplen con su función técnica, pero aún hay un 17.7% neutral que refleja incertidumbre en la efectividad.</p>	<p>Se debe fortalecer la metodología de levantamientos ambientales y prediales, asegurando trazabilidad y socialización clara de los resultados con comunidades y entes de control.</p>
<b>Estrategias de compensación y manejo</b>	<p>66.2% valoran positivamente medidas como reforestación, rescate de especies y uso de cable ecológico.</p>	<p>Existe confianza en las medidas compensatorias, siempre que se implementen y comuniquen adecuadamente.</p>	<p>Consolidar un plan de compensación ambiental integral, con énfasis en reforestación, biodiversidad y tecnología amigable, articulado a la sostenibilidad corporativa.</p>
<b>Gestión comunitaria</b>	<p>Solo 54.4% consideran transparente la gestión con comunidades.</p>	<p>La percepción de baja transparencia indica riesgo de conflictos sociales y reputacionales.</p>	<p>Se deben reforzar los mecanismos de participación ciudadana y crear canales de comunicación permanentes para gestionar expectativas de manera clara y oportuna.</p>

Eje de análisis	Hallazgos de la encuesta	Interpretación	Implicación para la gestión integrada
<b>Tiempos de licencias y permisos</b>	42.7% considera adecuados los tiempos actuales.	Se confirma que los trámites y plazos establecidos son vistos como un cuello de botella.	Es clave integrar la gestión de licencias en la planeación del proyecto, contemplando escenarios de retraso y adoptando estrategias de gestión proactiva con autoridades ambientales.

*Nota:* el análisis que se presenta no solo describe los principales aspectos socioambientales asociados a los proyectos de transmisión de alta tensión, sino que también integra la perspectiva normativa.

## 5.2. Objetivo específico 1

Describir las condiciones geográficas, ambientales, normativas y logísticas consideradas en la selección de rutas para la construcción de líneas de transmisión de alta tensión en Colombia, basándose en revisión de proyectos previos, mapas técnicos y documentos normativos, para evidenciar cómo estas condiciones que se deben considerar para realizar la planificación de trazados de líneas de transmisión.

### 5.2.1. Gestión integrada de aspectos geográficos y ambientales como estrategia para la viabilidad del proyecto de transmisión eléctrica.

El desarrollo de proyectos de infraestructura en Colombia está fuertemente condicionado por las exigencias en materia ambiental, con el fin de mitigar los impactos sobre el entorno natural y social. En este contexto, la Licencia Ambiental se erige como un instrumento

fundamental para evaluar la viabilidad ambiental de proyectos, obras y actividades. La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) cumplen un papel central en este proceso, definiendo competencias según el tipo, magnitud y ubicación del proyecto. En particular, el sector eléctrico, clave para el desarrollo energético del país, está sometido a criterios específicos de licenciamiento ambiental que garantizan la sostenibilidad de su operación (Sostenible, 2020).

La licencia ambiental es una herramienta administrativa mediante la cual se autoriza la ejecución de proyectos que puedan generar impacto significativo en el medio ambiente. Esta autorización incluye condiciones, requisitos, medidas de manejo, seguimiento, control y compensación ambiental, de obligatorio cumplimiento por parte del titular del proyecto (ANLA., 2023)

La ANLA tiene competencia exclusiva sobre aquellos proyectos eléctricos de gran escala. En este sentido, se destacan:

- La construcción y operación de centrales generadoras de energía eléctrica con capacidad instalada igual o superior a cien (100) megavatios (MW), debido a su alto potencial de afectación en áreas naturales, cuerpos de agua, comunidades y biodiversidad.
- Proyectos de exploración y uso de fuentes de energía alternativas consideradas virtualmente contaminantes, como la energía térmica, cuando su capacidad instalada sea igual o superior a 100 MW. Estos proyectos requieren un análisis riguroso del balance entre eficiencia energética y afectación ambiental (ANLA., 2023).
- El tendido de líneas de transmisión del Sistema de Transmisión Nacional (STN), es decir, aquellas que operan a tensiones iguales o superiores a 220 kV. Su impacto no solo

es ambiental sino territorial, ya que atraviesan largas distancias e implican servidumbres, deforestación y posibles afectaciones a poblaciones o ecosistemas vulnerables.

- Proyectos ubicados dentro de Parques Nacionales Naturales, incluso si están dentro del marco de actividades permitidas en estas áreas. Este tipo de intervención requiere un análisis minucioso para asegurar la conservación del patrimonio natural de la nación.

Por otro lado, las Corporaciones Autónomas Regionales tienen competencia sobre proyectos de menor escala, dentro del ámbito de su jurisdicción. Entre estos se encuentran:

- Centrales generadoras de energía con capacidad entre 10 y 100 MW, diferentes a las hidroeléctricas. En estos casos, aunque el impacto puede ser menor, sigue siendo necesario evaluar los posibles efectos acumulativos o sinérgicos, especialmente en zonas ya intervenidas.
- El tendido de líneas del Sistema de Transmisión Regional (STR), cuya operación va desde los 50 kV hasta menos de 220 kV. Estos proyectos suelen implicar adecuaciones en áreas rurales y periurbanas, por lo que requieren evaluación ambiental concertada con las comunidades locales.
- Centrales hidroeléctricas con capacidad menor a 100 MW, excepto aquellas menores a 10 MW en Zonas No Interconectadas (ZNI). Estas últimas, aunque no requieren licencia ambiental, deben cumplir con otros requisitos técnicos y sociales, especialmente si afectan fuentes hídricas o territorios étnicos.
- Proyectos de energía alternativa con capacidad entre 10 y 100 MW, que si bien son promovidos por su potencial de sostenibilidad, también requieren vigilancia debido a los efectos que pueden generar en la fauna, el suelo o los recursos hídricos locales.

### 5.2.2. Análisis de los instrumentos vigentes para la planeación del territorio

El insumo de información para la identificación de restricciones ambientales, sociales y prediales en el área donde se proyectan los trazados catalogados como de expansión para la línea 34.5kV Ínsula – Guaduas, fueron los instrumentos de planificación territorial, tales como:

**Resolución No. 979 de 2018**, “Por medio de la cual se aprueba y se adopta el Ajuste al Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Zulia y se dictan otras disposiciones”

De conformidad con lo establecido en el artículo 2.2.3.1.5.6 del citado Decreto 1076 de 2015 (compilatorio del artículo 23 del Decreto 1640 de 2012). El Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Zulia se constituye en norma de superior jerarquía y determinante ambiental para la elaboración y adopción de los Planes de Ordenamiento Territorial; en el caso del proyecto aplica para los municipios pertenecientes a las Cuencas Hidrográficas del Río Zulia y El Río Pamplonita, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 10 de la Ley 388 de 1997.

**Determinantes Ambientales:** Lineamientos generales de planificación que garantizan la inclusión de aspectos ambientales y reglamentación de uso y ocupación del territorio dentro de los instrumentos de Ordenamiento del Territorio, este término fue establecido por la Ley 388 de 1997 donde se definen como normas de superior jerarquía en sus propios ámbitos de competencia. Para efectos de este análisis, se consideraron las Determinantes Ambientales establecidas a través de la Resolución No. 2265 del 2018, que tienen por alcance los municipios del área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional.

**Documentos de Ordenamiento Territorial:** definidos como un conjunto de acciones político-administrativas y de planificación físicas concertadas en orden a disponer instrumentos eficientes para orientar el desarrollo del territorio bajo su jurisdicción y regular la utilización, transformación y ocupación del espacio. Para el presente estudio se tuvo en cuenta los siguientes instrumentos de planificación:

- P.O.T Departamentales.
- P.O.T. municipales.
- E.O.T nacionales.

Así mismo, se realizó la recolección y análisis de información secundaria cuyo inventario permite hacer un diagnóstico de la cantidad y calidad la misma para poder así determinar si es necesario información adicional. Entre los instrumentos e información consultada se cuenta lo siguiente:

- Cartografía de la zona del proyecto.
- Instrumentos de Ordenamiento Territorial.
- Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales.
- Guía para la definición, identificación y delimitación del área de influencia ANLA julio de 2018.
- Solicitud del certificado de restitución de tierras, para que se puedan dar las alertas tempranas de la situación de los predios.
- Mapa de amenazas por movimientos en masa, publicado por el servicio geológico colombiano, 2012.

- Sistema Minero Colombiano para identificar la existencia de títulos mineros en los predios que son materia de estudio dentro del proyecto. La revisión de existencia de títulos mineros y solicitudes vigentes se consultó en el portal ANNA minería de la Agencia Nacional de Minería (ANM) con fecha de corte al 01/05/2022 para toda el área de estudio.
- Cédulas catastrales y certificados de tradición y libertad.
- Información Nacional: GEOPORTALES de autoridades y entidades nacionales tales como SIGOT – IGAC, TREMARCTOS, SIAC – ANLA, ANNA – ANM.
- Información Departamental: GEOPORTAL de la autoridad ambiental competente.
- IGAC: Instituto Geográfico Agustín Codazzi
- VUR: Ventanilla Única de Registro Inmobiliario
- ANM: Agencia Nacional de Minería
- URT: Unidad de Restitución de tierras

### **5.2.3. Caracterización ambiental**

Para el análisis de este apartado se la revisión del Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) y Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de las áreas de cobertura del proyecto (trazado), respectivamente, en este se encuentra consignado ningún capítulo referente a geología, razón por la cual se utilizó como fuente el documento “Cartografía geológica” IGAC, (Servicio Geológico Colombiano). Para el trazado de la línea se debe crear un buffer de 10 metros de zonas de servidumbre según el marco normativo en cada costado en concordancia con el manejo de las distancias de seguridad con relación a su nivel de tensión.

#### 5.2.4. Aspectos abióticos

Entre los diferentes aspectos abióticos contemplados a lo largo del presente análisis se cuentan los siguientes elementos:

##### 5.2.4.1. Geología

En la zona del proyecto pueden aflorar unidades litológicas del periodo cuaternario y paleógeno de la era cenozoico. A continuación, se presenta la descripción de aquellas identificadas en el área de influencia directa, teniendo en cuenta las características litológicas.

- **Depósitos aluviales crecientes:** Son producto del transporte y depósito de detritos por medio de la acción del agua. Los elementos que los conforman comprenden arcillas, arenas, gránulos, guijarros, cantos y bloques de formas muy variables desde subangulosas a redondeadas. Por lo que ocupan cauces, llanuras y paleocauces bajo la forma de abanicos. Mientras que los que se halan a lo largo de valles de gran amplitud y recorrido están representados por depósitos fluviales (Ayala, 2018).

Una forma práctica de diferenciarlos es a través de su matriz y fábrica. Por ejemplo, en el caso de los depósitos de abanicos su matriz es principalmente arcillosa con poca selección de sus clastos. Siendo este último parámetro fundamental para su discriminación respecto a los depósitos fluviales (de clastos imbricados bien seleccionados) (Ayala, 2018).

Como suelos, son anisotrópicos y de una continuidad lateral irregular. Presentan un nivel freático alto, pudiendo tener alto contenido de materia orgánica (Ayala, 2018).

- **Formación Guayabo (E3g):** La formación guayabo hace parte del grupo Guayabo (N1N2g) y su litología se presenta como formación Guayabo Inferior y superior; la polaridad de la secuencia es normal, y se evidencia en la presencia de ondulitas de oscilación hacia el tope. Litológicamente a la base consiste en intercalaciones de capas gruesas a muy gruesas tabulares de arenitas cuarzosas de grano fino, de color verde, grano-crecientes hacia el tope, presencia de óxidos de hierro diseminado texturalmente, con lodolitas fisiles grises verdosas sin estructura sedimentaria.
- **Formación León (Tol):** La Formación León es la unidad más blanda de las diferenciadas en el levantamiento geológico, conforma geomorfológicamente pendientes suaves de montículos a colinas (Oviedo Reyes, Ríos Blandón, García Pérez, & Ochoa Yarza, 2016). La Formación León consiste principalmente de shales friables y fisiles de color gris verdoso con alto grado de fracturamiento, con desarrollo de oxidación, donde se presencian lentes y láminas de cristales de yeso. La unidad toma coloraciones rojizas a la intensa meteorización, y en algunos casos se observa la acumulación de caolín próximo a la superficie, dándole un aspecto varicoloreado en algunos casos (Oviedo Reyes, Ríos Blandón, García Pérez, & Ochoa Yarza, 2016).

**Tabla 9.***9. Ejemplo de Análisis de unidades geológicas*

Trazado	Área Buffer 5m (Ha)	Nomenclatura	Geología	ÁREA (Ha)	Porcentaje
Nuevo	17.26	E3g	Formación Guayabo	1.578	9%
		E3l	Formación León	8.572	50%
		Qal	Depósitos aluviales	7.114	41%

**Nota:** El área de influencia del trazado nuevo (buffer de 5 m) abarca un total de **17.26** hectáreas, distribuidas principalmente en tres unidades geológicas. La Formación León (E3l) representa la mayor cobertura con un 50% del área total, lo que indica que la mayor parte de la franja se encuentra sobre depósitos sedimentarios consolidados, tomado de proyectos CENS.

**5.2.4.2. Geología estructural**

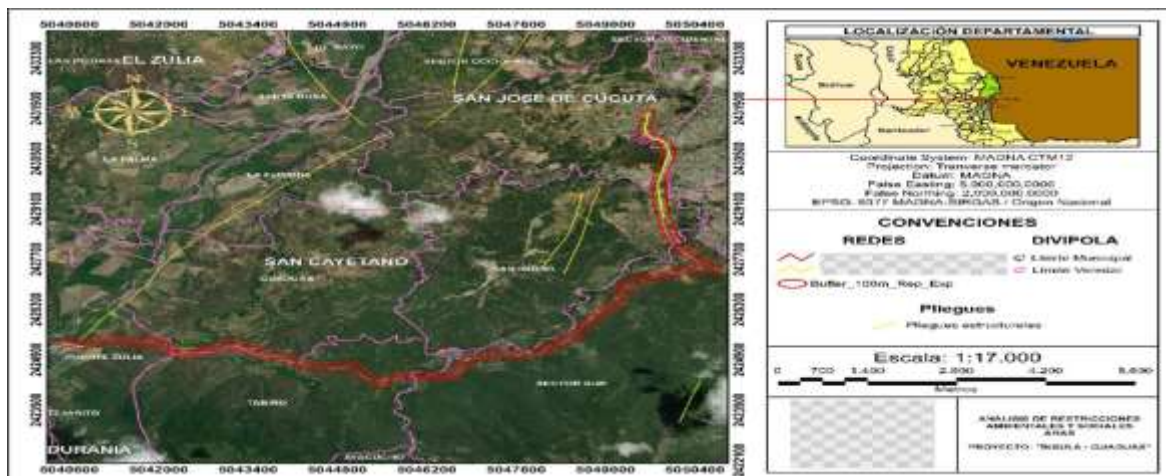
Para la validación de la geología estructural, se considera que el proyecto se encuentra ubicado en una región geológicamente compleja y tectónicamente activa, la cual forma parte de la zona de transición entre las placas Sudamericana y Caribe (Servicio Geológico Colombiano - Universidad de Caldas, 2015). Esta ubicación geodinámica ha dado lugar a una significativa presencia de estructuras geológicas como fallas, pliegues y fracturas, que influyen directamente en la conformación del relieve, la estabilidad del terreno y las características geomecánicas de los materiales presentes. Se analiza para mitigar riesgos geotécnicos y sísmicos en el área de influencia del proyecto.

### 5.2.4.3. Pliegues

En el área de estudio, los pliegues identificados corresponden a estructuras de tipo local, aunque se encuentran genéticamente relacionados con fallas de carácter regional (Fúquen et al., 2011). Estas estructuras plegadas son el resultado de una deformación compresiva, atribuida a la actividad de un sistema de fallas inversas y de cabalgamiento que presentan vergencia hacia el este (Oviedo Reyes, Ríos Blandón, García Pérez, & Ochoa Yarza, 2016). Esta dinámica tectónica ha condicionado la disposición de las unidades geológicas, influenciando directamente la geometría de los estratos y, por tanto, los posibles comportamientos geotécnicos del terreno frente a las obras proyectadas.

### Figura 8.

#### 8. Ejemplo Caracterización de pliegues



**Nota:** la figura muestra un ejemplo de caracterización de pliegues que se analizan en la construcción de una línea de transmisión, tomado de CENS 2021.

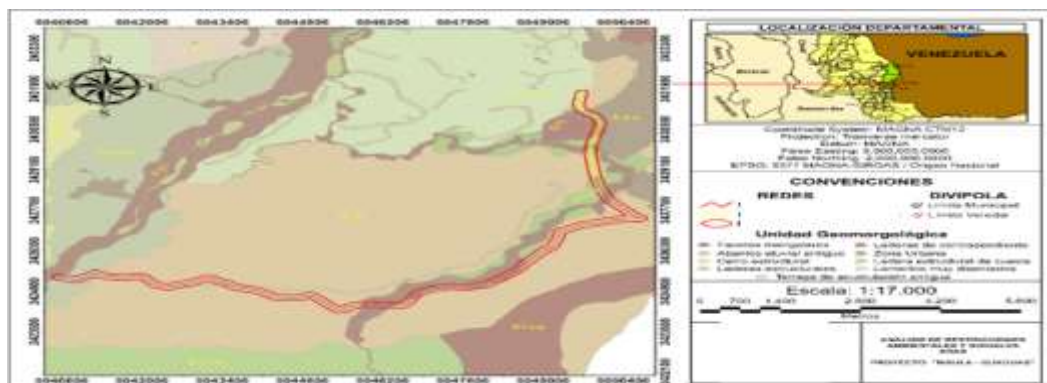
#### 5.2.4.4. Geomorfología

La geomorfología es la ciencia encargada del estudio de las formas del relieve terrestre, enfocándose en su descripción, origen y evolución a lo largo del tiempo, así como en la identificación de los agentes y procesos responsables de su configuración actual. Su relevancia en los estudios de suelos radica en la estrecha relación entre la génesis de las geoformas y las unidades edáficas, lo que la convierte en una herramienta fundamental en todas las fases de los levantamientos de suelos, desde la fotointerpretación hasta el trabajo de campo y la interpretación morfogenética (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2009)

Para el análisis geomorfológico del área de estudio, se utilizó la información contenida en el documento *Estudio general de suelos y zonificación de tierras de los departamentos* a escala 1:100.000, elaborado por el IGAC (2009). Estos insumos permiten identificar las principales unidades morfoestructurales presentes, las cuales condicionan tanto los procesos de formación del suelo como la aptitud del terreno para el desarrollo de infraestructuras, teniendo en cuenta factores como pendientes, estabilidad y susceptibilidad a procesos erosivos.

### Figura 9.

#### 9. Mapa geomorfológico regional



*Nota:* la figura muestra un ejemplo geomorfológico regional que se analizan en la construcción de una línea de transmisión, tomado de CENS 2021

**Tabla 10.**

*10. Ejemplo Geomorfología que presenta el trazado*

Trazado	Área con búfer 5 m [Ha]	Nomenclatura	Geomorfología	Área [Ha]	Porcentaje
<b>Expansión</b>	<b>17.307</b>	Azu	Zona urbana	1.27361	7%
		Dlmd	Lomeríos muy disectados	0.043603	0%
		Fca	Cauce aluvial activo	0.081388	0%
		Fpi	Plano o llanura de inundación	2.574916	15%
		Ftas	Terraza de acumulación subcreciente	1.121035	6%
		Slcp	Laderas de contrapendiente	0.692552	4%
		Sle	Laderas estructurales	10.55333	61%
		Dc	Cima subhorizontal	0.076792	0%
		Faaa	Abanico aluvial antiguo	0.890256	5%

*Nota:* la tabla 11 muestra un ejemplo geomorfológico regional presentado en la construcción de una línea de transmisión de acuerdo con la figura 10, tomado de CENS 2021-

#### **5.2.4.5. *Geoformas de origen antropogénico***

Geoformas originadas como resultado de la intervención del hombre sobre el terreno, en la mayoría de los casos con el objetivo de realizar construcción de vivienda, obras de ingeniería o disposición de desechos y escombros.

- **Zona urbana (Azu):** derivado de la construcción de vivienda, obras de ingeniería, almacenamiento de agua y adecuación de nuevas vías, que modifican la morfología natural del terreno.

#### **5.2.4.6. *Geoformas de origen denudacional***

Corresponde a geoformas que son generadas por procesos endógenos que modelan el relieve. Además, se presentan en el área erosión fluvial y pluvial en zonas de alta pendiente que llevan a procesos de remoción en masa (Servicio Geológico Colombiano - Universidad de Caldas, 2015). Estas geoformas no se encuentran en el área de influencia directa de las alternativas de S/E contempladas y su descripción y análisis se omite, siendo esta revisión más de carácter informativo.

- **Cima subhorizontal (Dc):** Estas geoformas están definidas por crestas de formas convexas planas y amplias, se presentan como franjas alargadas que bordean algunas divisorias de aguas, de pendiente plana a inclinada, con anchos entre 200 a 800 metros, limitada por laderas de inclinación moderada a escarpada. Generadas a partir de procesos

meteorización y erosión intensa y procesos de origen antrópico. Esta condición de zonas aplanadas ha sido aprovechada para el asentamiento de la población. La susceptibilidad a movimientos en masa puede ser importante, debido a las altas pendientes, a los materiales que la constituyen y a las condiciones climáticas.

- **Lomerios muy disectados (Dlmd):** Prominencias topográficas de morfología alomada o colinada, con cimas agudas a redondeadas estrechas, de laderas cortas a moderadamente largas, de forma cóncava a rectas y pendientes abruptas a escarpadas, con índice de relieve bajo. Estas geoformas son originadas por procesos de denudación intensos y cuyas laderas se caracterizan por la alta disección, generando valles en V. Estos lomeríos generalmente se encuentran en los bordes de altiplanos y frentes de erosión. En esta unidad los procesos que se presentan son movimientos en masa tipo deslizamiento rotacional.

#### ***5.2.4.7. Geoformas de origen estructural***

Estas geoformas están definidas por el tectonismo generado a partir de las fuerzas internas de la naturaleza con poca intervención denudacional. Se presentan afectadas por procesos erosivos intensos y se caracterizan por su relieve predominantemente colinado a montañoso de pendientes abruptas y escarpadas (Servicio Geológico Colombiano - Universidad de Caldas, 2015).

- **Laderas de contrapendiente (Slcp):** Superficie de declive, de morfología regular a irregular, definida por planos (estratos foliación, diaclasamiento entre otros) dispuestos en sentido contrario a la inclinación del terreno. Puede presentarse con longitud larga a

extremadamente larga con pendientes suavemente inclinadas a muy escarpadas. En esta geoforma no está asociada a ninguna estructura de tipo regional (anticlinal, monoclinal, entre otros).

- **Laderas estructurales (Sle):** Superficie en declive, de morfología regular a irregular, definida por planos preferentes a favor de la pendiente del terreno. De longitud larga a extremadamente larga y con pendientes suavemente inclinadas a escarpadas (Servicio Geológico Colombiano - Universidad de Caldas, 2015).

#### **5.2.4.8. Geoformas de origen fluvial**

Asociadas a procesos exógenos degradacionales y agradacionales relacionados al efecto erosivo y acumulativo en la base de las laderas de morfología plana, en las corrientes de los ríos y las cuencas de sedimentación (Servicio Geológico Colombiano - Universidad de Caldas, 2015).

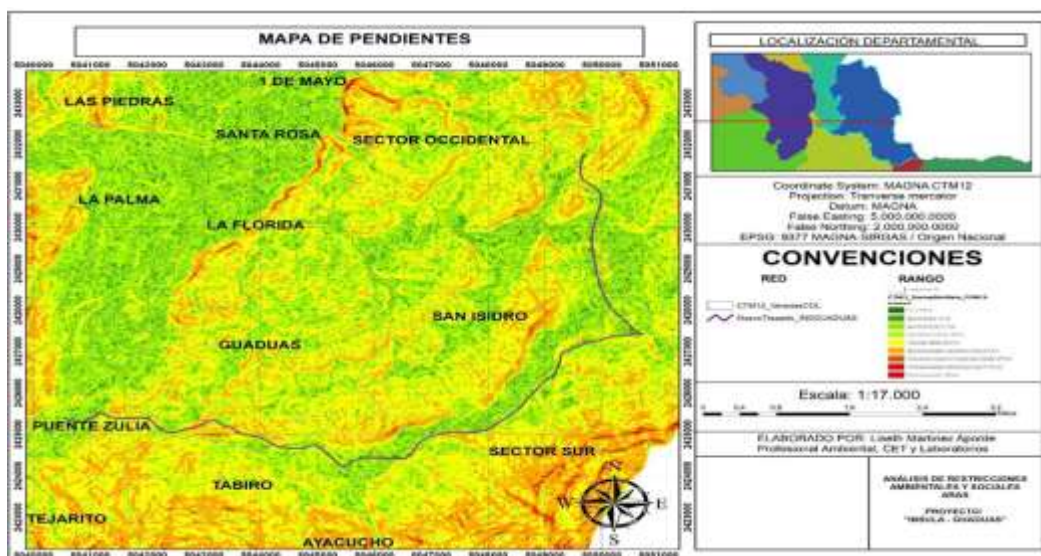
Las geoformas de origen fluvial que se presentan en la zona se describen a continuación:

- **Abanico aluvial activo (Faaa):** Superficie en forma de cono, de laderas cóncavas a convexas de morfología plana, aterrazada. Su origen es relacionado a la acumulación torrencial y fluvial en forma radial donde una corriente desemboca en una zona plana. Los canales fluyen cortando el abanico, siendo más profundos en el ápice y más someros al alejarse de él. Su tamaño puede alcanzar varios kilómetros de largo y de ancho. Este término se aplica para describir el abanico de mayor edad relativa. Cuando se presentan dos o más abanicos juntos que se pueden separar como unidades geomorfológicas. Normalmente por ser mayor de esas están incisados.

- **Cauce aluvial activo (Fca):** Canal de forma irregular, excavado por erosión de las corrientes (Servicio Geológico Colombiano - Universidad de Caldas, 2015). En el área de estudio se relacionan con el Río Zulia y el Río Pamplonita.
- **Plano o llanura de inundación (Fpi):** Superficie de morfología plana, baja a ondulada, eventualmente inundable, que se localiza bordeando los cauces fluviales, donde es limitado localmente por escarpes de terraza. Como es una unidad de pendiente imperceptible, no tienen la posibilidad de generar movimientos de masa (Servicio Geológico Colombiano - Universidad de Caldas, 2015).
- **Terraza de acumulación subcreciente (Ftas):** Superficie plana a suavemente inclinada, de morfología ondulada, disectadas, cuyo origen está relacionado a la ampliación del valle de un río. Por ser superficies planas de pendientes imperceptibles no presentan movimientos en masa (Servicio Geológico Colombiano - Universidad de Caldas, 2015).

**Figura 10.**

*10. Mapa de pendientes*



**Nota:** En la Figura 10 se observa que en el área de estudio predominan las pendientes ligeramente inclinadas, con pendientes entre  $15^\circ$  y  $25^\circ$ , es decir, la mayor parte de las laderas son ligeramente escarpadas. Las zonas con menores pendientes se presentan en llanuras de inundación y terrazas de acumulación antiguas, geofomas relacionadas con el río Zulia y sus denudacionales tomado de CENS 2021

#### **5.2.4.9. Otros aspectos**

Como las líneas de transmisión de alta tensión, es indispensable identificar y gestionar los factores ambientales que podrían representar restricciones o riesgos durante su desarrollo y operación.

Uno de los fenómenos más relevantes es la inundación, considerada un proceso hidrológico recurrente, vinculado a lluvias persistentes que causan desbordamientos de cauces fluviales, afectando zonas normalmente no sumergidas. La identificación de áreas con alta amenaza de inundación es esencial para evitar daños a la infraestructura.

Otro factor crítico es la remoción en masa, proceso por el cual fragmentos de suelo y roca se deslizan ladera abajo por acción de la gravedad. Este fenómeno geodinámico puede generar derrumbes y deslizamientos, especialmente en terrenos inestables o con altas pendientes.

El cambio climático intensifica la recurrencia e intensidad de fenómenos como inundaciones y deslizamientos, lo que exige una planeación adaptativa y resiliente.

La sismicidad también debe considerarse, ya que influye directamente en el diseño estructural y en los niveles de seguridad requeridos para las obras.

El análisis de usos del suelo permite determinar compatibilidades territoriales. Las zonas urbanas y de expansión requieren una adecuada articulación con los planes de ordenamiento territorial, mientras que las zonas rurales deben evaluarse según su vocación productiva y ambiental (agrícola, forestal, conservación, minería, etc.).

Además, las geoformas presentes en el área ya sean fluviales, estructurales o denudacionales, condicionan la viabilidad técnica y ambiental de las obras, al estar asociadas a la susceptibilidad de desastres naturales y estabilidad del terreno.

**Tabla 11.**

*11. Otros Factores Ambientales Críticos*

<b>Factor Ambiental</b>	<b>Descripción</b>	<b>Riesgos / Consideraciones</b>	<b>Fuente</b>
<b>Inundaciones</b>	Aumento del nivel de los ríos por lluvias, causando desbordamientos.	Afectación directa de la infraestructura. Requiere identificación de zonas inundables.	IDEAM (2010)
<b>Remoción en masa</b>	Deslizamiento de tierra o rocas por gravedad, en pendientes pronunciadas.	Inestabilidad de taludes, derrumbes, afectación a obras.	Servicio Geológico Colombiano - Universidad de Caldas (2015)

<b>Cambio climático</b>	Incremento en frecuencia e intensidad de lluvias, desastres naturales y eventos extremos.	Mayor vulnerabilidad de las obras. Planificación adaptativa.	IDEAM (2010)
<b>Sismicidad</b>	Presencia de fallas geológicas y movimientos sísmicos.	Exige diseño estructural antisísmico.	Planes de Ordenamiento Territorial
<b>Usos del suelo</b>	Clasificación urbana, suburbana y rural según POTs.	Compatibilidad legal y funcional del proyecto.	POT Municipales
<b>Geoformas del terreno</b>	Formaciones del relieve de origen fluvial, estructural o denudacional.	Condicionan estabilidad, riesgo de deslizamientos e inundaciones.	Servicio Geológico Colombiano - Universidad de Caldas (2015)

*Nota:* la tabla 10 muestra los factores críticos ambientales que se deben tener en cuenta en el momento de realizar un levantamiento geográfico ambiental para la ejecución de proyectos de líneas de transmisión.

#### 5.2.4.10. Biodiversidad.

En este apartado se realiza una validación de especies e individuos que estarían o podrían encontrarse presentes en el área de influencia de las alternativas planteadas, sin embargo, esto no representa un inventario forestal y/o una caracterización de especies en veda en su totalidad; sino

un levantamiento superficial realizado durante las visitas a terreno y con la información secundaria disponible, con el fin de tener un referente.

#### ***5.2.4.11. Levantamiento de la veda.***

Se entiende como veda en este contexto, como la restricción total y temporal de la explotación de una o más especies en un área determinada. Se presentan vedas a nivel nacional determinada en su tiempo por la autoridad ambiental INDERENA (Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente) o a nivel regional por las diferentes Corporaciones Autónomas Regionales – CAR. Estas pueden ser de carácter temporal o permanente. A nivel nacional, se establecen vedas de los especímenes y productos forestales y de Flora silvestre en las siguientes normas: Resolución 0316 de 1974 (INDERENA), Resolución 0213 de 1977 (INDERENA), Resolución 0801 de 1977 (INDERENA), Resolución 0463 de 1982 (INDERENA), Ley 61 de 1985, Resolución 1408 de 1975 (INDERENA), Resolución 1132 de 1975 (INDERENA) y Resoluciones 1602 de 1995 y 020 de 1996 (Minambiente) En la Tabla 17 Restricciones por vedas nacionales y regionales en la zona de estudio se presenta la normativa relacionada con las especies en veda y las observaciones frente a la probabilidad de que se encuentren dentro del área de estudio.

#### **5.2.5. Análisis de determinantes ambientales ADA**

Aspectos Abióticos: Geología, Depósitos aluviales crecientes, Formación Guayabo, Formación León.

Geología estructural: Fallas geológicas Geomorfología (Las estructuras se encuentran asociadas a una deformación compresiva generada por una serie de fallas inversas y de cabalgamiento con vergencia hacia el este) Abanico aluvial activo: Superficie en forma de cono, de laderas cóncavas Cauce aluvial activo, Plano o llanura de inundación, Terraza de acumulación subcreciente, Remoción en masa, Sismicidad.

- Usos del suelo: Suelo urbano, Suelo suburbano (rural), Cuencas hidrográficas.
- Aspectos Bióticos: Red hídrica, Drenajes.
- Restricciones por biodiversidad: Fauna, reptiles, mamíferos, aves.

Las Compensaciones presentan la metodología por parte de las áreas que se extraen en el componente de “Coberturas vegetales” teniendo en cuenta también el factor de compensación que dispone el manual inicialmente citado en el presente apartado; con lo anterior de imparte sobre las coberturas un factor de corrección asumiendo el porcentaje de dicha área que efectivamente pudiera tener individuos compensables (entre el 0% y el 100%). A partir de esta área “corregida” se utilizan dos factores de compensación para escalarlas y obtener el resultado final en hectáreas, de la siguiente manera: un primer factor (de entre 8 y 10) referente a lo que serían compensaciones por pérdida de biodiversidad y un segundo valor, entre 0.1 y 0.5, para asociar lo correspondiente a veda.

### **5.3. Objetivo específico 2. Gestión integral para la ejecución y viabilidad del proyecto de transmisión eléctrica**

Caracterizar las etapas y actividades que componen la gestión de proyectos de construcción de líneas de transmisión de alta tensión, incluyendo planeación, ejecución,

seguimiento y puesta en operación, mediante análisis de manuales de proyectos, guías técnicas y reportes de gestión, con el fin de mostrar cómo se organizan y coordinan las gestiones técnicas, ambientales, prediales, normativas y administrativas.

### **5.3.1. Gestiones prediales.**

La gestión predial es una fase crítica en la planificación y ejecución de proyectos de infraestructura eléctrica, particularmente en el desarrollo de líneas de transmisión de alta tensión. Esta gestión comprende la identificación, evaluación y legalización de los terrenos necesarios para la instalación de torres, subestaciones y demás componentes del sistema, teniendo en cuenta aspectos técnicos, legales y sociales que aseguren la viabilidad del proyecto.

**5.3.1.2. Validación predial y legal.** La primera etapa en la gestión predial consiste en la validación de los predios involucrados en el trazado del proyecto. Esto incluye la verificación del diseño técnico con la disponibilidad física y jurídica del terreno, así como la gestión de permisos de paso, imposiciones administrativas, amparos policivos y autorizaciones de intervención vial ante entidades como el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) y las alcaldías municipales.

Además, se deben revisar los Instrumentos de Ordenamiento Territorial (IOT) de los municipios involucrados para asegurar que el uso del suelo sea compatible con el proyecto. Según la Ley 388 de 1997, los IOT definen el perímetro urbano, rural y de expansión, y sus restricciones asociadas.

**5.3.1.2. Información catastral y jurídica.** Para cada predio, es necesario obtener los siguientes documentos:

- Cédulas catastrales, que identifican y valoran económicamente los terrenos.
- Certificados de tradición y libertad, que permiten verificar el historial de propiedad, limitaciones al dominio, medidas cautelares y gravámenes.

Esta información puede ser consultada a través del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y la Ventanilla Única de Registro Inmobiliario (VUR).

**5.3.1.3. Restitución de tierras.** La consulta del certificado de restitución de tierras es obligatoria para evitar conflictos legales con poblaciones desplazadas o reclamantes. La Unidad de Restitución de Tierras (URT) permite conocer la existencia de solicitudes o procesos activos que puedan obstaculizar la adquisición o uso del predio.

**5.3.1.4. Cartografía y geoportales.** La cartografía detallada del área del proyecto debe elaborarse con base en datos oficiales, los cuales se obtienen de geoportales como:

- SIGOT (Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial)
- SIAC (Sistema de Información Ambiental Colombiano)
- TREMARCTOS (plataforma ambiental y de biodiversidad)
- GEOPORTAL de la autoridad ambiental regional correspondiente

Estos recursos permiten mapear zonas con restricciones ambientales, infraestructura existente (acueductos, oleoductos, vías), y validar si los predios se localizan en áreas protegidas o de riesgo.

**5.3.1.5. Sistema minero colombiano.** Una parte clave de la gestión predial consiste en consultar el Sistema Minero Colombiano para verificar la existencia de títulos mineros, solicitudes vigentes o áreas estratégicas mineras sobre los terrenos de interés. Esta

verificación se realiza a través del portal ANNA Minería, administrado por la Agencia Nacional de Minería (ANM).

De acuerdo con la normativa vigente, la coexistencia de proyectos energéticos con títulos mineros requiere acuerdos previos y validación de compatibilidad de uso del suelo, conforme al Decreto 1076 de 2015.

**5.3.1.6. Evaluación de infraestructura y concesiones.** En esta etapa también se debe identificar la infraestructura existente en las zonas de intervención, tales como:

- Vías principales y secundarias, indicando su concesión (si pertenecen al estado o a operadores privados).
- Redes de acueducto, oleoducto y gasoducto con licencia vigente.
- Esta información es fundamental para evitar interferencias, planear accesos durante la construcción y prever la coexistencia o necesidad de traslado de infraestructuras.

### **5.3.2. Gestiones técnicas**

La gestión técnica constituye uno de los pilares fundamentales para el desarrollo eficiente, seguro y normativo de los proyectos de infraestructura eléctrica, particularmente en lo relacionado con la construcción de líneas de transmisión de alta tensión. Este conjunto de actividades técnicas y de ingeniería asegura la viabilidad constructiva del proyecto, garantiza la calidad del servicio eléctrico y permite el cumplimiento de los requerimientos regulatorios y ambientales exigidos en Colombia.

**5.3.2.1. Estudios técnicos requeridos.** Estudios de Factibilidad y Suelos

Los estudios de factibilidad determinan la viabilidad técnica y económica del proyecto, incluyendo aspectos como accesibilidad, condiciones geológicas, disponibilidad de insumos y tecnología. Los estudios de suelos, por su parte, aseguran que las torres, subestaciones y demás estructuras se instalen sobre terrenos estables, con capacidad de carga adecuada y sin riesgo de deslizamientos o hundimientos (UPME, 2018).

- **Diseño de Ingeniería Detallada:** En esta etapa se definen de forma precisa el trazado de la línea, el tipo de estructuras, torres, materiales y equipos a utilizar, incluyendo también el diseño de subestaciones. Se deben incluir planos, cálculos estructurales y eléctricos, especificaciones técnicas y cronogramas de obra (XM, 2021).
- **Supervisión de Calidad:** Durante la ejecución del proyecto se deben implementar protocolos de supervisión de calidad, que verifiquen el cumplimiento de las especificaciones técnicas, normas RETIE y RETILAP, así como el uso de materiales certificados y la correcta instalación de los equipos (Ministerio de Minas y Energía, 2021).
- **Estudios Eléctricos Especializados:** Los estudios eléctricos permiten diseñar un sistema robusto, eficiente y coordinado. Se destacan los estudio de flujos de carga el cual define necesidades de compensación y dimensionamiento de transformadores de medida, el estudio de cortocircuito para seleccionar dispositivos de protección (DPS), puesta a tierra y relés, estudio de sobretensiones temporales esenciales para ajustar protecciones y definir compensaciones, estudio de potencia y estabilidad: establece los parámetros de operación de interruptores y tiempos de disparo, coordinación de protecciones para garantizar selectividad y rapidez ante fallas en la red, el estudio flujo de armónicos que

permite evaluar si se requieren filtros para mitigar distorsiones (opcional), estudios de transitorios electromagnéticos necesarios si hay reactores o bancos capacitivos, para definir reactancias limitadoras e interruptores, estudio de disponibilidad en barra el cual valida la capacidad de conexión en subestaciones existentes, el estudio de servicios auxiliares de acuerdo con el diseño de transformadores, grupos electrógenos, bancos de baterías y cargadores.

- **Entregables Técnicos del Proyecto**

Durante la fase de ingeniería y ejecución, deben generarse múltiples productos que constituyen la trazabilidad técnica del proyecto. Entre ellos se destacan:

- Criterios de diseño y estudios técnicos.
- Diagramas eléctricos y mecánicos.
- Memorias de cálculo, planos, especificaciones técnicas y cantidades de obra.
- Informes de laboratorio y levantamientos topográficos.
- Estudios de análisis de causa raíz, coordinación de protecciones, flujo de armónicos, estabilidad y transitorios.
- Permisos y licencias de construcción, informes de comisionamiento y protocolos de pruebas.
- Certificación de puesta en servicio y documentos de cumplimiento regulatorio (inscripción ante el CNO, frontera comercial, etc.).

### **Consideraciones Finales**

La gestión técnica requiere una coordinación multidisciplinaria entre ingenieros eléctricos, civiles, ambientales y expertos en normativa para garantizar un diseño y ejecución

adecuados. Una correcta planificación técnica previene retrasos, sobrecostos y fallas operativas, promoviendo la sostenibilidad del sistema eléctrico nacional.

### **5.3.3. Gestión administrativa**

La gestión administrativa representa una de las funciones más críticas en la gerencia de proyectos, especialmente en iniciativas de infraestructura eléctrica como las líneas de transmisión. Esta gestión articula herramientas y procesos que aseguran la planificación, organización, seguimiento y control de actividades administrativas esenciales para el cumplimiento de los objetivos del proyecto, dentro del alcance, tiempo, costo y calidad definidos (PMI, 2021).

Entre las funciones principales se destacan la preparación de cronogramas y la gestión documental, pilares que permiten una ejecución estructurada y transparente, en consonancia con los lineamientos contractuales, legales y técnicos.

La Preparación de Cronogramas es elaboración del cronograma es un proceso clave dentro de la planificación del proyecto. Consiste en descomponer el alcance del trabajo en actividades específicas a partir de la Estructura Desagregada del Trabajo (EDT), asignando a cada actividad un tiempo estimado de duración, recursos y dependencias con otras tareas. El cronograma actúa como una hoja de ruta para la ejecución del proyecto, facilitando la visualización de plazos y la identificación temprana de retrasos (Kerzner, 2017).

Desde la gerencia, esta herramienta permite al director del proyecto monitorear el avance, tomar decisiones basadas en datos y comunicar el estado del proyecto a los grupos de interés. Programas como Microsoft Project, Primavera P6 o metodologías como el método del camino

crítico (CPM) son ampliamente usados en la industria para la construcción de cronogramas robustos.

Un cronograma bien elaborado debe contener:

- Hitos claves del proyecto.
- Duración estimada de cada actividad.
- Relaciones de precedencia entre tareas.
- Recursos asignados por actividad.
- Márgenes de holgura y reservas de gestión.

Este componente es esencial para el control del tiempo, uno de los pilares del triángulo de restricciones de la gestión de proyectos (PMI, 2021).

La documentación es el proceso mediante el cual se organiza, clasifica, controla y protege la información generada a lo largo del ciclo de vida del proyecto. En proyectos de infraestructura, la documentación incluye aspectos legales, técnicos, financieros, ambientales y sociales, cuya trazabilidad y acceso oportuno son fundamentales para garantizar el cumplimiento normativo, la supervisión y la rendición de cuentas (ISO, 2016).

Desde la gerencia del proyecto, mantener actualizados los permisos, contratos, planos, actas de comité, registros de avance y demás documentos, permite:

- Evitar incumplimientos legales y contractuales.
- Facilitar auditorías internas y externas.
- Tomar decisiones informadas.
- Proteger la propiedad intelectual y los acuerdos comerciales.

Para ello, se recomienda la implementación de sistemas de gestión documental basados en estándares como la ISO 15489-1, que definen los principios y procedimientos para la administración eficiente de los registros en las organizaciones (ISO, 2016).

Entre los documentos administrativos clave en un proyecto de infraestructura se incluyen:

- Contratos de obra e interventoría.
- Licencias ambientales y de construcción.
- Certificaciones de avance físico y financiero.
- Informes de inspección y supervisión.
- Actas de reuniones y decisiones de comités.

La adecuada integración entre la preparación de cronogramas y la gestión documental dentro de la metodología de gerencia de proyectos permite asegurar la trazabilidad del avance, la alineación con el alcance definido, el cumplimiento de hitos contractuales y la disponibilidad de información para la toma de decisiones. Estas gestiones, cuando se estructuran desde una perspectiva metodológica estandarizada como la del Project Management Institute (PMI) o bajo marcos normativos como el PMBOK, fortalecen la gobernanza y el desempeño global del proyecto (PMI, 2021).

#### **5.3.4. Gestión con entes gubernamentales**

La interacción con los entes gubernamentales se constituye como un componente estratégico para garantizar el cumplimiento normativo, la obtención de permisos y la aceptación social del proyecto. Estas gestiones no solo aseguran la viabilidad jurídica y administrativa de las

actividades constructivas, sino que también son fundamentales para generar confianza y legitimidad ante las comunidades y autoridades locales (PMI, 2021).

La coordinación interinstitucional implica la articulación con actores gubernamentales de distintos niveles, como alcaldías, gobernaciones, agencias nacionales y corporaciones autónomas regionales, con el propósito de alinear el desarrollo del proyecto con los marcos regulatorios vigentes. Esto requiere establecer canales de comunicación eficientes y mecanismos de cooperación que permitan una gestión fluida de los trámites, autorizaciones y reportes requeridos por ley.

Según el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de los municipios, cualquier proyecto de infraestructura debe estar alineado con la planificación territorial para evitar conflictos de uso del suelo o impactos socioambientales no previstos (Congreso de Colombia, 1997).

Uno de los ejes más relevantes en la gestión gubernamental es el cumplimiento de la normativa legal aplicable. Esto incluye la obtención de:

- Licencia de construcción, exigida por las curadurías urbanas o las oficinas de planeación municipal.
- Permisos de intervención de vías expedidos por entidades como el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), o autoridades municipales.
- Aprobación de uso del suelo conforme al POT.
- Autorizaciones ambientales, cuando corresponda.

Estos trámites son necesarios para garantizar la legalidad de las intervenciones y para proteger tanto a la empresa ejecutora como a las comunidades involucradas ante posibles sanciones o bloqueos institucionales (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2010).

La socialización del proyecto constituye una gestión clave para la transparencia y la participación ciudadana. Consiste en presentar ante las comunidades y autoridades locales los alcances técnicos, ambientales y sociales del proyecto, así como sus beneficios e impactos esperados. Este proceso tiene como finalidad reducir la resistencia social, resolver dudas, obtener aceptación y prevenir conflictos con actores territoriales.

Este ejercicio debe realizarse en coordinación con los entes gubernamentales locales, y debe reflejar un enfoque participativo y de construcción colectiva del desarrollo territorial (Departamento Nacional de Planeación, 2016).

La alineación del proyecto con los instrumentos de planificación como el POT, el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) o los Planes Básicos de Ordenamiento Territorial (PBOT), es un requisito indispensable. Esta revisión permite validar si el proyecto cumple con las zonificaciones establecidas, restricciones de uso del suelo, zonas protegidas o reservas, y garantiza que su desarrollo no entre en conflicto con los planes estratégicos de desarrollo urbano y rural de cada municipio (Congreso de Colombia, 1997).

### **5.3.5. Gestión de contrato de interventoría.**

La interventoría es un componente esencial en la ejecución de proyectos de infraestructura, especialmente en el sector eléctrico, donde se requiere asegurar que las actividades desarrolladas por los contratistas cumplan con los estándares técnicos, legales y

contractuales establecidos. En Colombia, este proceso está regulado por diversos marcos normativos, entre ellos la Resolución CREG 022 de 2001, la cual establece criterios para la supervisión y control de obras asociadas al Sistema de Transmisión Nacional (STN).

Importancia de la Interventoría desde el enfoque de la gerencia de proyectos, la interventoría cumple funciones críticas dentro del ciclo de vida del proyecto. Su rol incluye la verificación técnica de las obras, la revisión documental y administrativa, el seguimiento al avance físico y financiero, y la emisión de informes que sustenten la toma de decisiones por parte del ente ejecutor, según el Project Management Institute (PMI, 2021), la supervisión y control constituyen un grupo de procesos que permite garantizar que los objetivos del proyecto se estén cumpliendo de manera conforme, y es aquí donde la interventoría se convierte en una herramienta clave para alcanzar los resultados esperados.

#### **Marco Normativo: Resolución CREG 022 de 2001**

La Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), mediante la Resolución 022 de 2001, establece las condiciones generales para el desarrollo de proyectos de expansión del STN. Esta resolución exige, como condición para la aprobación y puesta en operación de nuevos proyectos, la existencia de una interventoría técnica independiente, cuyo objetivo sea garantizar que las obras se ejecuten de acuerdo con las especificaciones establecidas en los documentos aprobados por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME).

Tal como lo señala la CREG “La interventoría técnica independiente es obligatoria en todos los proyectos de transmisión que hagan parte del Sistema de Transmisión Nacional y su contratación deberá ser previa al inicio de la ejecución de las obras.” (CREG, 2001, art. 9)

Las funciones principales de la interventoría en el contexto de un proyecto eléctrico incluyen:

- Verificar el cumplimiento de los diseños aprobados y la normatividad técnica vigente.
- Asegurar que los materiales y equipos utilizados cumplan con las especificaciones técnicas.
- Monitorear el avance de las obras conforme al cronograma contractual.
- Identificar desviaciones en tiempo, costo o calidad, y proponer medidas correctivas.
- Emitir informes periódicos que reflejen el estado del proyecto.
- Coordinar con los entes de control y supervisión la entrega de información requerida.

La interventoría actúa como el ente veedor que asegura que los recursos públicos o privados invertidos en el proyecto se utilicen de manera adecuada y transparente (DNP, 2016).

La contratación de la interventoría debe realizarse antes del inicio de las obras, como lo establece la CREG, y debe incluir cláusulas claras que definan su alcance, metodología de trabajo, productos esperados e independencia frente al contratista ejecutor. Además, debe establecerse una relación directa con el gerente del proyecto, quien es el responsable de articular los distintos actores del proceso de ejecución.

### **5.3.6. Gestión de contratos para personal en la ejecución de proyectos de construcción de líneas de transmisión**

La gestión adecuada del recurso humano en los proyectos de infraestructura eléctrica es un factor crítico para garantizar su desarrollo exitoso. En el caso de las líneas de transmisión de alta tensión, la contratación del personal técnico, operativo y administrativo debe planificarse

desde la etapa inicial, de acuerdo con los requerimientos del proyecto, el cronograma y la normativa laboral vigente en Colombia.

Desde la perspectiva de la gerencia de proyectos, la gestión de los contratos de personal implica no solo la definición de los perfiles requeridos, sino también la implementación de procesos estandarizados para su selección, vinculación y supervisión, en concordancia con las exigencias legales y regulatorias.

El Project Management Institute (PMI, 2021) señala que una correcta planificación de la gestión de recursos humanos permite identificar, adquirir y administrar el talento necesario para la ejecución de un proyecto. Para la construcción de líneas de transmisión, esta planificación incluye la contratación de:

- Ingenieros eléctricos, civiles y ambientales.
- Técnicos electricistas y electromecánicos.
- Tecnólogos en sistemas de potencia y seguridad industrial.
- Personal administrativo, financiero y logístico.
- Especialistas en salud y seguridad en el trabajo (SST).
- Supervisores y auxiliares de obra.

Cada uno de estos perfiles desempeña funciones claves en el desarrollo del proyecto, desde el montaje de torres hasta la conexión final con las subestaciones.

### **Gestión Contractual del Personal**

La gestión de contratos para el personal debe contemplar varios aspectos esenciales:

- **Determinación del tipo de contrato** (laboral, prestación de servicios u obra labor), acorde con la normativa laboral vigente (Ley 50 de 1990; Código Sustantivo del Trabajo).
- **Elaboración de términos de referencia y perfiles de cargo**, con base en la matriz de roles del proyecto.
- **Cumplimiento de requisitos en seguridad social**, salud ocupacional, afiliaciones al Sistema General de Riesgos Laborales (SGRL), y demás obligaciones contractuales.
- **Supervisión y control del cumplimiento contractual**, mediante informes, indicadores de desempeño y seguimiento a través del área de gestión del talento humano o interventoría.

De acuerdo con el Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2016), la gestión de personal en proyectos de infraestructura pública debe alinearse con principios de eficiencia, transparencia y legalidad, priorizando la calidad de los servicios contratados.

### **Normatividad Aplicable**

Además de lo dispuesto en el Código Sustantivo del Trabajo y la Ley 80 de 1993 (Estatuto General de Contratación de la Administración Pública), es fundamental considerar normativas específicas del sector energético como la Resolución CREG 022 de 2001, que exige el cumplimiento de estándares técnicos y administrativos en la ejecución de proyectos del Sistema de Transmisión Nacional (STN), lo cual incluye la contratación de personal idóneo para garantizar la calidad del proyecto.

Así mismo, las normativas en salud y seguridad laboral, como la Resolución 0312 de 2019 del Ministerio del Trabajo, que establece los estándares mínimos del Sistema de Gestión de

Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), deben ser integradas en los procesos contractuales del personal vinculado al proyecto.

Los desafíos y buenas prácticas que algunos desafíos frecuentes en la gestión de contratos de personal incluyen:

- Escasez de perfiles especializados en zonas apartadas.
- Altas tasas de rotación por condiciones laborales o del entorno.
- Necesidad de constante capacitación para cumplimiento normativo.

Entre las buenas prácticas recomendadas se encuentran:

- Implementar procesos de selección basados en competencias.
- Realizar inducciones específicas sobre riesgos y procedimientos del proyecto.
- Documentar todo el proceso de contratación y cumplimiento de obligaciones laborales.
- Integrar herramientas tecnológicas de gestión de talento humano (software de RRHH, matrices de carga laboral, etc.).

### **5.3.7. Gestión de contratos para la compra de materiales, equipos y herramientas en proyectos de líneas de transmisión**

La ejecución eficiente de proyectos de infraestructura eléctrica depende en gran medida de la disponibilidad oportuna y calidad de los materiales, equipos y herramientas necesarias. En el contexto de la gerencia de proyectos de líneas de transmisión de alta tensión, la gestión de contratos de compra implica una serie de procesos estratégicos para garantizar que los insumos técnicos requeridos cumplan con los estándares normativos, especificaciones técnicas y cronogramas establecidos.

Esta gestión incluye desde la planificación de adquisiciones, pasando por la selección de proveedores, hasta la firma y seguimiento de contratos de suministro, lo cual es esencial para mantener la continuidad del proyecto y evitar sobrecostos o retrasos.

Según el *Project Management Institute (PMI, 2021)*, la gestión de adquisiciones en proyectos implica los procesos necesarios para adquirir productos y servicios externos a la organización ejecutora. En proyectos eléctricos, esto abarca:

- **Definición de requerimientos técnicos**, basados en la ingeniería de detalle.
- **Especificación de cantidades y calidades** mediante fichas técnicas, características garantizadas y planos.
- **Definición de términos contractuales**: cronograma de entregas, penalidades, garantías, seguros y soporte técnico.
- **Presupuesto y financiación**: establecer costos estimados con base en precios de mercado y ajustar al flujo de caja del proyecto.

Los principales equipos y materiales para contratar para la construcción de una línea de transmisión incluyen:

- Conductores (cables de fase y neutro).
- Aisladores de suspensión y retención.
- Torres metálicas o postes.
- Conectores y herrajes.
- Sistemas de puesta a tierra.
- Seccionadores e interruptores.
- Tableros de control y tableros de medida.

- Transformadores de corriente y de tensión.
- Transformadores de potencia (cuando aplica).
- Banco de baterías y cargadores.
- Sistemas de comunicaciones (rack, cables, antenas).
- Herramientas especializadas para montaje y mantenimiento.

Estos insumos deben cumplir con normas técnicas internacionales (IEC, IEEE, NTC) y garantizar compatibilidad con los demás componentes del sistema.

El proceso de contratación se desarrolla típicamente en las siguientes fases:

- **Licitación o solicitud de cotización:** se elabora un pliego técnico y comercial con los requisitos del proyecto.
- **Evaluación de proveedores:** se analizan criterios como cumplimiento técnico, plazos de entrega, experiencia, cumplimiento normativo, garantías y precio.
- **Adjudicación y firma del contrato:** incluye cláusulas de cumplimiento, calidad, trazabilidad de materiales, y condiciones de pago.
- **Seguimiento y control:** verificación de entregas, inspección técnica, pruebas de fábrica (FAT), y recepción en sitio.

Este proceso debe documentarse detalladamente para fines de control interno, interventoría y auditoría, entre los principales riesgos identificados en la gestión de contratos de materiales se destacan:

- Retrasos en entregas por problemas logísticos o aduaneros.
- No conformidades técnicas en los equipos.
- Variaciones de precios por tipo de cambio o escasez de materias primas.

- Pérdida o daño de materiales durante el transporte.

Para mitigar estos riesgos, se recomienda incluir cláusulas de penalización, auditorías de calidad y mecanismos de cobertura cambiaria.

### **5.3.8. Gestión de licencias y permisos en proyectos de transmisión de energía.**

Todo proyecto de infraestructura eléctrica en Colombia, particularmente los relacionados con líneas de transmisión del Sistema Interconectado Nacional (SIN), debe cumplir con una serie de trámites legales y técnicos que garanticen su ejecución dentro del marco regulatorio, ambiental y territorial. La gestión de licencias y permisos es una fase crítica que asegura la viabilidad jurídica y socioambiental del proyecto, y su no cumplimiento puede conllevar sanciones, retrasos o la cancelación de este. La gestión de licencias y permisos en proyectos de transmisión eléctrica puede incluir los siguientes trámites:

- **Licencia ambiental** la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) es responsable de otorgar o negar la licencia ambiental para proyectos que superen los 220 kV o generadores mayores a 100 MW, conforme al Decreto 1076 de 2015 y la Ley 99 de 1993. Esta licencia autoriza la ejecución del proyecto bajo condiciones ambientales específicas y es obligatoria si el proyecto puede generar impactos significativos en el medio ambiente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Además de la licencia general, se deben solicitar permisos ambientales específicos, como:

- Permiso de aprovechamiento forestal.
- Permiso de ocupación de cauce.

- Permiso de vertimientos.
- Permiso de emisiones atmosféricas.

Estos son otorgados por las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) o por la ANLA, dependiendo del tipo y alcance del proyecto.

Los permisos de intervención de vías cuando las líneas de transmisión cruzan vías nacionales, se requiere autorización de la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) o del Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Para vías urbanas o rurales de competencia municipal, el permiso debe tramitarse ante la alcaldía correspondiente.

En los permisos de paso y servidumbres se refiere a la obtención de permisos de paso o la constitución de servidumbres legales o voluntarias es necesaria cuando las líneas atraviesan predios privados o públicos. Estos trámites se rigen por el Código Civil Colombiano y, en casos de desacuerdo, pueden gestionarse mediante amparos policivos o imposiciones judiciales, según lo establece la Ley 56 de 1981.

Para que el proyecto aprobado por la UPME la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) debe aprobar técnicamente el proyecto para que sea considerado parte del Sistema de Transmisión Nacional (STN) o Regional (STR). Este paso es obligatorio para que el proyecto pueda ser remunerado conforme a la regulación tarifaria de la CREG.

En cuanto a los Permisos de construcción dependiendo del área de intervención (rural o urbana), se deben tramitar permisos ante las alcaldías o curadurías urbanas, cumpliendo con el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) y normas urbanísticas locales.

La anticipación en la solicitud y gestión de permisos es fundamental para evitar cuellos de botella que afecten la ejecución del proyecto. Muchas de estas licencias y permisos requieren

estudios técnicos, consultas previas y validaciones interinstitucionales que pueden tomar entre seis meses y un año en obtenerse.

Además, una gestión adecuada contribuye al relacionamiento con las comunidades, a la prevención de conflictos socioambientales y al cumplimiento del marco legal, aspectos fundamentales en la sostenibilidad de los proyectos eléctricos.

### **Consideraciones normativas**

La gestión de licencias y permisos debe guiarse por la siguiente normativa clave:

- **Ley 99 de 1993** – Crea el Sistema Nacional Ambiental y establece las funciones de la ANLA.
- **Decreto 1076 de 2015** – Reglamento único del sector ambiente y desarrollo sostenible.
- **Ley 56 de 1981** – Sobre servidumbres y proyectos de electrificación.
- **Resolución CREG 022 de 2001** – Establece la metodología para remuneración de actividades de transmisión.
- **Resolución 1401 de 2017 (UPME)** – Lineamientos para la aprobación de proyectos eléctricos.

Gestiones con Entidades de Vigilancia y Control en Áreas de Alto Riesgo de Orden Público, en el desarrollo de proyectos de infraestructura eléctrica, especialmente aquellos que atraviesan territorios con antecedentes de conflicto o inseguridad, resulta indispensable establecer una gestión articulada con las entidades de vigilancia, control y seguridad pública. Este tipo de coordinación no solo garantiza la integridad del personal y los bienes del proyecto, sino que además viabiliza la ejecución en entornos donde los riesgos no técnicos pueden

comprometer el cronograma, los costos y el cumplimiento de los objetivos estratégicos del proyecto.

### **Contextualización del riesgo**

Zonas catalogadas como de alto riesgo de orden público pueden presentar presencia de grupos armados ilegales, conflictos sociales, minería ilegal o situaciones de tensión con comunidades locales. Estas condiciones deben ser diagnosticadas anticipadamente durante la fase de planeación, con el apoyo de análisis de contexto político, social y de seguridad realizado en conjunto con entidades como:

- Ministerio de Defensa Nacional.
- Policía Nacional de Colombia.
- Fuerzas Militares.
- Defensoría del Pueblo.
- Unidad Nacional de Protección (UNP).
- Unidad de Restitución de Tierras (URT), en caso de predios en disputa o restitución.

Esta etapa debe ir acompañada de estrategias de relacionamiento comunitario y gestión del riesgo operativo, integradas desde la gerencia del proyecto.

### **Relación con la ingeniería detallada y adquisiciones**

Una vez se valida el contexto de seguridad, se procede al desarrollo de la ingeniería detallada, que permite definir el trazado, la ubicación de estructuras, la tipología de torres, el diseño de subestaciones y demás parámetros técnicos del proyecto. Este insumo es indispensable para:

- Elaborar la lista de materiales y equipos requeridos.

- Iniciar el proceso de contratación y adquisiciones (procurement).
- Programar la logística de transporte y obra civil en zonas de difícil acceso.

En zonas de alto riesgo, esta fase debe contemplar condiciones especiales de seguridad, tales como:

- Escoltas armadas para equipos y personal.
- Acuerdos con fuerzas militares para presencia en sitios críticos.
- Restricciones de horarios y movilización.
- Pólizas de seguros especiales por riesgo de orden público.

### **Normativa aplicable**

La legislación colombiana contempla medidas especiales en zonas de conflicto armado o afectadas por violencia, entre ellas:

- **Ley 418 de 1997**, prorrogada por la Ley 2272 de 2022, que faculta al Gobierno Nacional a adoptar mecanismos para la protección de proyectos estratégicos.
- **Ley 1523 de 2012**, sobre gestión del riesgo de desastres, que también aplica a riesgos de seguridad.
- **Decreto 1076 de 2015**, en su componente de licenciamiento, que requiere planes de contingencia en zonas con riesgos sociales o de seguridad.

Adicionalmente, los pliegos contractuales de la UPME para proyectos de transmisión incluyen cláusulas que obligan al contratista a evaluar los riesgos de orden público y tomar medidas preventivas, así como reportar cualquier novedad a la interventoría y autoridades competentes (UPME, 2022).

### **Coordinación institucional**

La gerencia del proyecto debe liderar una estrategia de gestión institucional que asegure el acompañamiento permanente de las entidades de vigilancia y control. Esto puede incluir:

- Mesas técnicas de seguridad.
- Informes periódicos de avance y situación de orden público.
- Solicitudes de protección específica ante la UNP.
- Coordinación con las oficinas de seguridad de las entidades contratantes (ISA, UPME, operadores regionales, etc.).

### **5.3.9. Gestión social en proyectos de infraestructura eléctrica**

La inclusión de componentes sociales en la estructuración de proyectos se basa en principios de participación ciudadana, transparencia, respeto por los derechos humanos y protección del entorno social. En Colombia, estos aspectos están respaldados por diversas disposiciones normativas y regulatorias, entre ellas:

- **Ley 99 de 1993**, que establece el deber del Estado de garantizar la participación de la comunidad en decisiones que puedan afectarla ambiental o socialmente.
- **Decreto 1076 de 2015**, que en su parte ambiental incluye el componente de participación ciudadana durante los procesos de licenciamiento.
- **Ley 152 de 1994**, sobre planeación participativa, que obliga a las entidades a vincular a las comunidades en los procesos de formulación de proyectos.

En el caso específico de proyectos eléctricos de gran envergadura, la gestión social permite prevenir bloqueos, demandas comunitarias no gestionadas y conflictos territoriales que podrían afectar el cronograma de ejecución, el presupuesto y la reputación del promotor del

proyecto, la gestión social contempla una serie de actividades que deben ser ejecutadas de forma articulada con los demás frentes del proyecto.

**Diagnóstico social y caracterización comunitaria** Incluye la identificación de actores sociales, análisis de contexto cultural y económico, reconocimiento de liderazgos locales y mapeo de percepciones frente al proyecto. Este diagnóstico es la base para construir estrategias de relacionamiento y participación adaptadas a la realidad territorial.

**Plan de manejo social** Contempla acciones para la información, consulta, concertación y participación de la comunidad. Entre sus componentes habituales se encuentran:

- Socialización del proyecto con autoridades y comunidad.
- Mecanismos de atención de quejas y reclamos.
- Programas de empleo local y fortalecimiento económico.
- Compensaciones sociales, cuando sea aplicable.
- Planes de educación ambiental y sensibilización.

La estrategia de comunicación implica el diseño de canales efectivos de comunicación bidireccional con la comunidad, que garanticen información clara, oportuna y veraz sobre las actividades del proyecto. Se utilizan herramientas como carteleras, boletines, reuniones periódicas, perifoneo y redes sociales, adaptadas al contexto cultural del territorio.

En cuanto a la participación interinstitucional el área de gestión social actúa como puente entre el proyecto, las entidades públicas locales (alcaldías, personerías, defensorías, secretarías de gobierno) y otros actores sociales como juntas de acción comunal, ONGs, asociaciones campesinas o indígenas, y gremios productivos.

Los manejos de conflictos requieren una adecuada gestión social incluye la implementación de mecanismos para la prevención, identificación y resolución de conflictos, así como la documentación de los procesos de concertación y sus resultados. Esto permite establecer precedentes jurídicos, técnicos y sociales en caso de controversias posteriores.

### **Indicadores de éxito**

Para medir la efectividad de la gestión social, se deben establecer indicadores como:

- Nivel de aceptación del proyecto por parte de la comunidad.
- Número de quejas y reclamos atendidos satisfactoriamente.
- Participación comunitaria en las actividades programadas.
- Cumplimiento de compromisos adquiridos con las comunidades.
- Reducción de conflictos sociales relacionados con el proyecto.

## **5.4. Objetivo específico 3.**

Describir los aspectos socioambientales asociados a los proyectos de construcción de líneas de transmisión de alta tensión en Colombia, a partir de revisión de estudios de impacto ambiental, informes de comunidades y estrategias de mitigación implementadas, para evidenciar cómo se gestionan los impactos y se promueve la sostenibilidad en estos proyectos.

### **5.4.1. Identificación de licencias, trámites y permisos**

Describir los principales aspectos socioambientales asociados a los proyectos de construcción de líneas de transmisión de alta tensión en Colombia, junto con las estrategias de manejo aplicadas para garantizar sostenibilidad y mitigación de riesgos.

**Tabla 12.**

*12. Gestiones y Trámites Ambientales*

Tipo de Tramite	Normatividad Asociada	Actividad	Responsable	Tiempo (días hábiles)
Aprovechamiento	Decreto 1791 de 1996	Elaboración estudio	proyecto	15
		Radicación solicitud	Propietario proyecto	10
		Expedición Auto inicio	ALNLA O CORPORACION	10
		Pago del tramite	Propietario proyecto	10
		Revisión de la autoridad competente	ALNLA O CORPORACION	60
		Entrega de información adicional	Propietario proyecto	30
		Revisión y decisión	ALNLA O CORPORACION	30
		Recurso reposición y/o apelación	Propietario proyecto	10
Arqueología preventiva	Decreto 763 del 2009	Elaboración documento de actividad	Propietario proyecto	20
Tipo de Tramite	Normatividad Asociada	Actividad diagnóstico arqueológico	Responsable	Tiempo (días hábiles)

		Radicación solicitud	Propietario proyecto	10
		Aprobación de solicitud	ALNLA O CORPORACION	15
	Decreto Único Reglamentario del Sector Cultura N° 1080 de 2015	Prospección arqueológica	Propietario proyecto	30
		Formulación de Plan de Manejo Arqueológico	Propietario proyecto	20
		Radicación del Plan de Manejo Arqueológico	Propietario proyecto	10
		Aprobación del Plan	Propietario proyecto	20
		Elaboración estudio	Propietario proyecto	80
Levantamiento de veda	Ley 61 de 1985			
	INDERENA Resolución 0316 de 1974, Resolución,0213 de 1977, Resolución 1408 de 1975, Resolución 1132 de 1975	Radicación solicitud	Propietario proyecto	10
		Evaluación Administrativa Ambiental	MADS	20
		Entrega información adicional	Propietario proyecto	30
		Expedición resolución	Propietario proyecto	30

	Recurso reposición y/o apelación	Propietario proyecto	10
--	-------------------------------------	-------------------------	----

**Nota.** la tabla 11 en resumen de los trámites, normatividad, responsables y tiempos en proyectos de infraestructura eléctrica. Fuente: Elaboración propia con base en la normatividad vigente (2025).

### **Aspectos críticos y relevantes del área en la que se realizará el proyecto**

A continuación, se definen aspectos críticos que pueden ser factores de incidencia sobre los indicadores de calidad de la empresa, impactando principalmente su reputación.

La generación de expectativas de diferente índole frente a la aprobación de los mecanismos de compensación (compra de predios, arrendamiento, usufructo, entre otros) se debe manejar y concretar una vez se tenga debidamente definido el área total a compensar en acuerdo con la corporación o ANLA.

Se hace hincapié en la necesidad de un levantamiento forestal teniendo en cuenta que se proponen estrategias en el trazado como lo es la red compacta y el cable ecológico en el trazado donde se pueda utilizar dependiendo el nivel de tensión, lo anterior con el fin de manejar una pérdida de biodiversidad no neta; de igual forma es de señalar que el levantamiento forestal se debe realizar una vez se realice todo el levantamiento predial y los respectivos permisos de paso.

Considerado que las especies en veda epifitas, rupícolas o terrestres son rescatadas, con lo cual se mitiga el impacto causado, se sugiere revisar que el factor de compensación sea acorde al impacto.

Entre otros aspectos críticos para el proyecto desde el componente ambiental se tienen:

El paso por la reserva forestal temporal que define la resolución 1814 de 2015 (bajo el orden regional), en la cual se define el distrito Regional de Manejo Integrado como un área de reserva que en su momento gozaba de una amplia delimitación. Ahora bien, para el 2015 se define por medio de la resolución 2157 del año mencionado la prórroga (por un año) el término de duración de las áreas definidas en la resolución 1814 de 2015 para las zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente.

#### **5.4.2. Gestión climática**

Según la Organización Meteorológica Mundial - OMM, el “clima” de un sitio es el conjunto de valores medios, varianzas y covarianzas (incluso momentos estadísticos de orden superior) de los parámetros meteorológicos (como precipitación, temperatura, radiación solar, ocurrencia de vendaval) observados y/o medidos, registrados, validados y procesados, en forma continua, sistemática y estandarizada durante un período del orden de los 30 años. (OMM., 2001). En general el clima de un sitio es consecuencia de varios factores, siendo latitud, topografía, y cercanía a océanos o grandes lagos, los más conocidos y referidos en los estudios pertinentes.

El clima es el conjunto de los valores promedios de las condiciones atmosféricas que caracterizan un lugar o una región. Para la obtención de estos valores promedios, se recopila información meteorológica durante un periodo de tiempo suficientemente largo. Además, dependiendo la escala espacial, se habla de clima global, clima zonal, clima regional o clima local o de microclima. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2005).

Los factores asociados al relieve, como la altitud sobre el nivel del mar, formas del relieve y su orientación pueden generar variaciones del clima localmente, mientras que la cobertura vegetal es causa y efecto del clima que sirve además como base de clasificación de este, desde el punto de vista físico - biótico el clima es determinante en la evolución de los suelos y paisaje. Además, da el grado de amenaza natural que pueda tener una región y desde el punto de vista socioeconómico induce a tomar decisiones sobre el uso de la tierra, así mismo, la caracterización climática se establece con el análisis de parámetros como temperatura, precipitación, humedad relativa, radiación solar, evapotranspiración y viento; la fuente de información se obtiene a través de datos existentes en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Ambiental IDEAM. El IDEAM comprende las siguientes estaciones meteorológicas adyacentes a la zona de influencia del proyecto:

**Tabla 13.**

*13. Ejemplo de estaciones meteorológicas en el área de influencia directa*

Código	DPTO	Municipio	Longitud	Latitud	Altitud
16025010	Norte de Santander	San Cayetano	-72.566	7.849	285
16020190			-72.634	7.901	250
16020280		Cúcuta	-72.584	7.901	250
16015010			-72.509	7.93	250

**Nota:** presenta la ubicación geográfica de las estructuras analizadas dentro del área de estudio del proyecto eléctrico, especificando su código de identificación, departamento, municipio, coordenadas geográficas (longitud y latitud) y altitud sobre el nivel del mar en un proyecto ejecutado por CENS.

### **5.4.3. Temperatura**

La temperatura es una magnitud física que caracteriza el movimiento aleatorio medio de las moléculas en un cuerpo físico, cuando se habla de la temperatura del aire, se refiere a la medida del estado térmico del aire con respecto a la habilidad de comunicar calor a su alrededor (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2005).

El área de influencia de acuerdo con su altitud las temperaturas presentan un piso térmico Cálido, una provincia de humedad “Húmedo” y ecológicamente de acuerdo con la metodología Holdridge se clasifica dentro del bosque húmedo tropical “bh-T” por ejemplo.

### **5.4.4. Cobertura climática**

Por ejemplo, se debe especificar la temporada calurosa dura 2,2 meses, del 30 de julio al 6 de octubre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 32 °C. El mes más cálido del año en el área de influencia es agosto, con una temperatura máxima promedio de 33 °C y mínima de 25 °C, la temporada fresca dura 3,1 meses, del 21 de noviembre al 26 de febrero, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 30 °C. El mes más frío del año es enero, con una temperatura mínima promedio de 22 °C y máxima de 30 °C.

### **5.4.5. Precipitación**

La precipitación se origina cuando el núcleo de condensación se hace inestable y algunas gotas crecen a expensas de las otras, formando de este modo las gotas de lluvia que se precipitan (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2005).

Las lluvias sobre esta región y en general del Catatumbo están determinadas por los movimientos de la zona de confluencia intertropical a lo largo del año.

#### **5.4.6. Probabilidades precipitaciones**

Por ejemplo, en un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados varía considerablemente durante el año. La temporada más mojada dura 7,8 meses, de 4 de abril a 30 de noviembre, con una probabilidad de más del 32 % de que cierto día será un día mojado. El mes con más días mojados es en octubre, con un promedio de 16,2 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación.

La temporada más seca dura 4,2 meses, del 30 de noviembre al 4 de abril. El mes con menos días mojados es enero, con un promedio de 4,1 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación, entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solo lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. El mes con más días con solo lluvia es octubre, con un promedio de 16,2 días. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 53 % el 21 de octubre.

#### **5.4.7. Humedad**

Basamos el nivel de comodidad de la humedad en el punto de rocío, ya que éste determina si el sudor se evaporará de la piel enfriando así el cuerpo. Cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo. A diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío

tiende a cambiar más lentamente, así es que, aunque la temperatura baje en la noche, en un día húmedo generalmente la noche es húmeda, la humedad percibida varía levemente. El período más húmedo del año dura 10 meses, del 19 de agosto al 27 de junio, y durante ese tiempo el nivel de comodidad es bochornoso, opresivo o insoportable por lo menos durante el 85 % del tiempo. El mes con más días bochornosos es mayo, con 30,1 días bochornosos o peor. El mes con menos días bochornosos en San Cayetano es febrero, con 24,2 días bochornosos o peor.

#### **5.4.8. Vientos**

La posición estratégica de Colombia en la zona tropical hace que su territorio reciba grandes cantidades de energía solar, la cual es absorbida inicialmente y luego transferida a la atmosfera, siendo esta la causa que determina el desplazamiento del aire entre las latitudes ecuatoriales y polares, mediante la circulación meridional.

Cerca de la superficie, en la zona tropical se desarrollan vientos provenientes del noreste y del sureste, denominados Alisios, como consecuencia del efecto Coriolis generado por la rotación terrestre en torno al eje que pasa por sus polos; El encuentro de estos vientos cerca al Ecuador obliga al aire cálido ecuatorial a elevarse, este movimiento ascendente provoca un enfriamiento del aire por expansión, condición que favorece la condensación y, por ende, el desarrollo de las nubes. Los vientos más fuertes se presentan entre los meses de junio, Julio y agosto, mientras que los más bajos se presentan en noviembre, diciembre y enero.

#### **5.4.9. Valoración.**

La valoración de costos de las diferentes gestiones requeridas por cada alternativa puede consultarse con mayor detalle en los CAPEX del proyecto.

#### **5.4.10. Incentivos tributarios por inversiones ambientales**

Se oriente puntualmente a lograr identificar las señales desde el énfasis ambiental dentro del marco de la norma, para que desde el área técnica se conozca posibles inversiones que se realicen en el marco de la ejecución del proyecto y que pueden ser susceptibles a la obtención de inversiones ambientales; de acuerdo con lo anterior, se resalta que el director del proyecto y su equipo técnico debe informar a los profesionales ambientales del proyecto aquellos materiales, insumos e instrumentos que por sus características técnicas contribuyen a la conservación y mejoramiento del medio ambiente. Esta información debe ser analizada por los profesionales ambientales e identificar cuales inversiones aplican incentivos tributarios para que en la etapa de planeación de la ejecución se pueda iniciar la estructuración, consolidación y formulación de la documentación necesaria y requerida de acuerdo con la norma para gestionar ante las autoridades ambientales las certificaciones que apliquen.

Para lograr identificar las inversiones susceptibles y el trámite a gestionar se resalta la siguiente información:

#### **Exclusión de IVA**

Este incentivo tributario puede aplicar para las siguientes inversiones dentro del marco del proyecto:

Equipos y/o materiales adquiridos desde la cuenta de inversión:

- Transformadores de aceite Vegetal o Cable Ecológico o Postes Fibra de Vidrio.
- Paneles Solares e Inversores.

Se resalta que las inversiones relacionadas anteriormente pueden ser susceptibles a obtener certificación, esto depende del análisis que se realice, así mismo pueden existir otras inversiones dentro del marco del proyecto, para ello se debe tener en cuenta la siguiente normatividad:

- Decreto 1625 de 2016
- Decreto 1564 de 2017
- Resolución 2000 de 2017.

Se deben establecer mesas de trabajo junto con el área técnica, ambiental para lograr definir la mejor estrategia y poder acceder de la manera más viable a los incentivos tributarios; sumado a esto se debe realizar una validación con los tiempos de contratación de la ejecución del proyecto mediante la inclusión de gestión tributaria para que se use el activo fijo real productivo; además es recomendable validar que los activos que se adquieran apliquen a AFRP para conocer si pueden excluir de IVA.

### **Descuento de renta**

Este incentivo tributario puede aplicar para las siguientes inversiones dentro del marco de los proyectos para equipos y/o materiales adquiridos desde la cuenta de inversión:

- Transformadores Aceite Vegetal. o Cable Ecológico.
- Postes Fibra de Vidrio.

- Paneles Solares e Inversores.

Se resalta que las inversiones relacionadas anteriormente pueden ser susceptibles a obtener certificación, esto depende del análisis que se realice, así mismo pueden existir otras inversiones dentro del marco del proyecto, para ello se debe tener en cuenta la siguiente normatividad:

- Decreto 1625 de 2016.
- Decreto 2205 de 2017.
- Resolución 0509 de 2018.

Se deben establecer mesas de trabajo junto con el área técnica, ambiental y tributaria para lograr definir la mejor estrategia y poder acceder de la manera más viable a los incentivos tributarios.

Finalmente, se debe resaltar que para poder acceder a los respectivos incentivos tributarios las adquisiciones deben salir por cuenta de inversión y no del costo.

#### **5.4.11. Análisis de las principales restricciones al proyecto**

Se debe realizar toda la caracterización previa según los diferentes elementos descritos a lo largo del documento; se procede a realizar el contraste, análisis y comparación de los hallazgos y alternativas de manera que se resalten aquellos aspectos críticos que puedan afectar el alcance, tiempo y costo del proyecto bajo estudio; teniéndose en cuenta lo siguiente:

### 5.4.12. Aspectos ambientales

Para cada una de las alternativas se realiza un análisis de las principales restricciones al proyecto.

**Tabla 14.**

#### 14. Análisis de restricciones del proyecto

Crterios	Observaciones
Longitud o área total	17.38 km aproximadamente
Accesos	Las rutas de acceso con las que contaría el proyecto para su fase constructiva y operativa sería ingresando por las vías de acceso.
Ancho de servidumbre	Ancho de servidumbre: 25 m a cada lado.
Geomorfología	Las laderas estructurales tienen una predominancia seguidas por los planos o llanuras de inundación.
Existencia de zonas altamente degradadas y de amenaza alta por movimientos en masa	Categoría: Baja., media, alta Municipio: Según POT:  Categoría: Media 3,21% y Baja 96,79% Municipio: Categoría: Alta 15,61% y Baja 84,37%, Municipio:
Existencia de zonas anegadas, pantanosas y/o con lámina de agua. Alta amenaza de inundación	Especificar ríos y cuencas hidrográficas  Se debe plasmarlas acciones de mitigación y contención de riesgo por inundación que puede causar la quebrada de acuerdo con los históricos reportados.
Existencia de áreas de protección de cuerpos de agua (retiros)	Se deben tener en cuenta todos los aspectos, aunque se encuentre cerca del proyecto.
Cruces sobre corrientes de agua	Aunque en el área de estudio no presente numerosos drenajes sencillos, en estado intermitente y permanente se debe ajustar ubicación de las estructuras para evitar la afectación sobre las fuentes hídricas.

Ecosistemas protegidos	Se evidencia la presencia de una reserva temporal definida por la resolución 1814
Restricciones por biodiversidad (veda, especies endémicas, migratoria)	Se debe identificar veda vascular en varias zonas del proyecto, por otro lado, respecto a la fauna, se tiene que para el orden Mammalia de especie <i>Ateles hybridus Brunneus</i> , se encuentra clasificada en la categoría de peligro por la lista roja del UICN.
Posibles compensaciones	La compensación se debe proyectar en principio para las coberturas afectadas de bosque de galería y ripario, bosque denso, bosque de vegetación secundaria.
Criterios	Observaciones
Uso actual y potencial del suelo	Los usos actuales del suelo comprenden usos agrícolas y pecuarios.
Títulos Mineros	A la fecha no se evidencia afectación por títulos activos o solicitudes de títulos mineros. De acuerdo con los registros que se validaron en el visor del ICANH se tiene que en la zonas y la prioridad es de no se evidenciar hallazgos de vestigios arqueológicos que determine una alerta para un posible manejo arqueológico.
Potencial arqueológico	
Infraestructura civil y/o militar, presencia de núcleos residenciales y asentamientos urbanos.	Se deben validar zonas militares en la zona y cercanías con el aeropuerto
Infraestructura y Sistema Vial	Se debe identificar la presencia y posteriormente el carretable de conexión entre el punto inicial y el punto de conexión final del proyecto.
Acueducto	El trazado proyectado se debe validar la presencia de acueductos metropolitanos.

---

**Nota:** sistematiza los criterios ambientales, sociales, técnicos y de infraestructura evaluados en el área de estudio para el proyecto de transmisión eléctrica. Estos factores permiten anticipar riesgos, restricciones normativas y ambientales, así como definir lineamientos de mitigación y compensación que orienten la viabilidad del trazado y la localización de estructuras.

### 5.4.13. Identificación y evaluación de aspectos e impactos ambientales

El objetivo fundamental de este capítulo es motivar que se considere el medio ambiente en la planificación y en la toma de decisiones para, en definitiva, acabar definiendo actuaciones que sean más compatibles con el medio ambiente. Inicialmente se realiza la identificación de aquellas alteraciones del ambiente, sean adversas o beneficiosas, totales o parciales, que se podrían atribuir al desarrollo *Normal* del proyecto, obra o actividad con base en lo compilado se realiza la identificación y evaluación preliminar de impactos y aspectos ambientales, como se observa en el ejemplo a continuación:

**Tabla 15.**

*15. Matriz de identificación de aspectos ambientales para la construcción*

ETAPAS / FASES DEL ÍTEM PROYECTO	ÍTEM	ÍTEM O ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	COMPONENTE DEL MEDIO AMBIENTE QUE IMPACTA
Construcción y Montaje	1	Adquisición de equipos	Generación Residuos	Abiótico - Suelo
	2	Obras preliminares	Generación Residuos	Abiótico - Suelo
	3	Obras preliminares	Generación Expectativas en Grupos de Interés	Socio-Eco-Cultural - Externo
	4	Obra civil (Adecuaciones y construcciones)	Intervención a la Estructura, Composición y Forma del Suelo	Abiótico - Suelo
	5	Obra civil (Adecuaciones y construcciones)	Generación de Residuos	Abiótico - Suelo
	6	Obra civil (Adecuaciones y construcciones)	Emisión de Material Particulado y/o Emisión de Gases	Abiótico - Aire

Construcción y Montaje de la red 34.5 kV	7	Obra civil del (Adecuaciones y construcciones)	Emisión del Ruido Ambiental	Abiótico - Aire
	8	Obra civil del (Adecuaciones y construcciones)	Derrames	Abiótico - Suelo
	9	Montaje Electromecánico	Generación Residuos	Abiótico - Suelo
	10	Montaje de equipos	Generación Residuos	Abiótico - Suelo
	11	Ejecución contrato suministro de materiales para la red	Consumo de Agua	Abiótico - Agua
	12	Ejecución contrato suministro de materiales para la red	Generación Residuos	Abiótico - Suelo
	13	Montaje de Estructuras	Generación Residuos	Abiótico - Suelo
	14	Tendido y regulación cables	Intervención del Paisaje	Escénico/ Paisajístico
	15	Tendido y regulación cables	Intervención de la Flora	Biótico - Flora
	16	Tendido y regulación cables	Generación de Residuos	Abiótico - Suelo
	17	Tendido y regulación cables	Generación de Expectativas en los Grupos de Interés	Socio-Eco-Cultural - Externo
	18	Tendido y regulación cables	Generación de Empleo	Socio-Eco-Cultural - Externo
	19	Conexión y Energizado	Generación de Residuos	Abiótico - Suelo
	20	Entrada en operación	Cobertura y calidad del servicio	Socio-Eco-Cultural - Externo

**Nota:** La tabla 14 presenta la identificación de los aspectos ambientales generados en las fases de construcción, montaje y operación de la bahía 34.5 kV en la Subestación Ínsula y la red asociada. Se destacan impactos abióticos sobre el suelo, aire y agua, bióticos sobre la flora, y

socioeconómicos en comunidades externas, asociados principalmente a residuos, emisiones, afectación del paisaje y generación de empleo. Este análisis permite anticipar medidas de prevención, mitigación y compensación ambiental en coherencia con la normatividad vigente.

#### **5.4.14. Descripción de los impactos ambientales generados a los componentes durante el desarrollo de las obras**

A continuación, se describen los impactos que se pueden generar:

- Aire: Emisión de Material Particulado y/o Emisión de Gases lo que implica la descarga de sustancias o partículas de tamaño muy fino en el aire a partir de las actividades que puedan generarla como demoler infraestructura, construir acometidas, operar maquinaria, efectuar limpiezas con sand blasting, transportar maquinaria, equipos, materiales o personal, operación de motores de combustión interna, entre otros), emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y otros contaminantes de interés, que pueden tener efectos sobre la visibilidad, causar molestias a la población y causar deterioro sobre materiales.
- Emisión de ruido ambiental: Implica la producción de niveles de presión sonora que pueden alterar las condiciones del entorno y puede provenir de la utilización de fuentes emisoras de ruido como vehículos, buldóceres, retroexcavadoras, taladros, plantas eléctricas, entre otros, así como por las posibles voladuras que se efectúen para demoliciones o fractura miento de roca. Se excluye el ruido ocupacional o aquél que afecta al trabajador en su puesto de trabajo.

- El impacto en el agua comprende la captación y utilización del recurso agua a partir de cualquier fuente (superficial, subterránea, atmosférica, acueducto o agua embotellada), bien sea para su empleo en actividades propias del negocio (por ejemplo, generación de energía eléctrica, tratamiento de agua potable, tratamiento de agua residual, mantenimiento de redes, enfriamiento, lavado de tanques, entre otros) o en actividades administrativas (operación de servicios sanitarios y cocinetas, riego de jardines, funcionamiento de aires acondicionados y otros medios de refrigeración, entre otros).
- El impacto en el suelo Intervención a la estructura, composición y forma del suelo implica la modificación de las características del suelo (permeabilidad, textura, estructura, composición química, compactación, fertilidad, drenaje interno, flujos superficiales, subsuperficiales y nivel freático), la exposición del suelo a la intemperie por la remoción del horizonte superficial, la inversión o mezcla de horizontes, la desestabilización o estabilización de vertientes, laderas y taludes, la activación o desaceleración de procesos erosivos, la remoción, pérdida o degradación del suelo, el incremento de la susceptibilidad a la erosión, la degradación de las condiciones del sustrato, la pérdida de materiales por arrastre, los desprendimientos de material a corto, mediano o largo plazo, los cambios en las condiciones de sismicidad, hundimientos o subsidencia del terreno y la socavación de orillas en embalses.

- **Intervención del uso del suelo:** Puede implicar restricciones o modificaciones en el uso del suelo, afectación a predios y a patrones culturales de distribución de la tierra. El uso del suelo es la destinación de este a actividades específicas.
- **Intervención de la fauna** implica la modificación de las condiciones existentes para los peces y la fauna macro vertebrada (mamíferos, aves, anfibios, reptiles) que habita medios terrestres, acuáticos o aéreos y la posible fragmentación de hábitats. Estas modificaciones en algunos casos pueden afectar como beneficiar a la comunidad de individuos.
- **Intervención de la flora** Comprende la modificación (siembra, poda, tala, trasplante, remoción) del componente herbáceo (pastos, maleza, rastrojo), arbustivo y arbóreo, así como la restauración o recuperación de terrenos degradados, la conservación de las coberturas naturales existentes para el enriquecimiento y la promoción de la sucesión vegetal, la alteración intencional para recuperar las condiciones ambientales de un ecosistema perturbado o la modificación en cultivos o coberturas existentes.
- **Intervención del paisaje** hace alusión a la introducción de elementos artificiales, vallas publicitarias, obstáculos, formas no convencionales y otros elementos ajenos que perturban las condiciones existentes en la zona y modifican el paisaje natural o artificial.
- **Generación de residuos** abarca la producción de residuos “reciclables no peligrosos” “biodegradables”, “ordinarios e inertes”, “industriales”; “especiales” y “peligrosos”. Comprenden residuos en estado sólido, semisólido y líquido,

siempre y cuando estén contenidos en recipientes. Estos residuos pueden ser producidos tanto por funcionarios como por contratistas.

- Derrames: Incluye la salida, fuga, escape, pérdida o vertido de sustancias líquidas, sólidas o gaseosas, materiales e insumos por utilizar, o residuos por un orificio o una abertura producidos accidentalmente o generados a partir de una práctica inadecuada que puede contaminar el medio ambiente.

Los impactos Antrópico:

- Cobertura y calidad del servicio: Hace referencia a cuando se presta un servicio de manera satisfactoria, logrando bienestar a la comunidad involucrada. (Se puede dar este aspecto cuando un proyecto pase de la etapa de construcción a operación, y cuando se dé un buen mantenimiento, entre otros).
- Generación de Empleo: Niveles de empleo directo e indirecto incluidos los temporales generados por requerimiento de mano de obra temporal a partir de demanda de materiales, equipos menores, bienes y servicios.
- Generación de Expectativas en los Grupos de Interés: Se refiere a la curiosidad, interés, temor o rechazo que puede generar cualquier proyecto, obra o actividad en los grupos de interés, referidas a actividades como la adquisición de predios y servidumbres, la contratación de mano de obra, los impactos ambientales y su control, así como los posibles beneficios derivados.

## 6. Conclusiones

La gestión integral emerge como el elemento estratégico que determina la viabilidad de los proyectos de transmisión eléctrica en Colombia. La articulación entre factores técnicos, normativos y socioambientales no es opcional, sino un requisito para garantizar la eficiencia y la sostenibilidad. Este estudio evidencia que la ausencia de integración entre licenciamiento ambiental, procesos prediales, normatividad sectorial y relacionamiento comunitario incrementa riesgos, sobrecostos y conflictos sociales. Por ello, la planificación debe incorporar una visión sistémica, donde las dimensiones técnicas, administrativa y socioambiental se gestionen bajo criterios de transparencia, trazabilidad y alineación con estándares internacionales, consolidando así la confiabilidad del Sistema Interconectado Nacional y los objetivos de la transición energética.

El análisis realizado demuestra que la sostenibilidad de los proyectos de transmisión eléctrica depende, en gran medida, de su capacidad para equilibrar el desarrollo técnico con la responsabilidad socioambiental. La mitigación de impactos, la compensación ecológica, la gestión de expectativas comunitarias y la consulta previa no son trámites formales, sino mecanismos indispensables para garantizar legitimidad social y minimizar conflictos. La aplicación rigurosa del marco normativo, complementada con estrategias de participación y compensación ambiental, debe considerarse como un eje transversal de la gestión del proyecto. Solo bajo este enfoque, las líneas de transmisión podrán ejecutarse dentro de los plazos previstos, cumpliendo los estándares regulatorios y asegurando la aceptación social que demanda la infraestructura eléctrica moderna.

El cumplimiento normativo constituye una condición determinante para la ejecución exitosa de los proyectos de transmisión eléctrica, sin embargo, el estudio confirma que la sola existencia de regulación no es suficiente. Se requiere una gestión proactiva que armonice las disposiciones técnicas del RETIE, los lineamientos regulatorios de la CREG, los instrumentos de planificación territorial y las licencias ambientales con metodologías internacionales de gestión de proyectos. Esta articulación normativa no solo fortalece la gobernanza del sector, sino que también reduce la incertidumbre jurídica, optimiza los cronogramas y previene sanciones regulatorias, consolidando así un marco de actuación eficiente, transparente y sostenible para el desarrollo de infraestructura energética estratégica.

La construcción de líneas de transmisión eléctrica en Colombia enfrenta desafíos complejos derivados de la topografía, la dispersión geográfica y la diversidad socioambiental del territorio. En este contexto, la resiliencia de los proyectos radica en la adopción de modelos de gestión integral que incorporen herramientas tecnológicas para la planificación (cartografía digital, geoportales), estrategias de mitigación ambiental y mecanismos efectivos de concertación social. Estos elementos, sumados a una supervisión independiente y a la gestión eficiente de recursos materiales y humanos, permiten reducir la exposición a riesgos, garantizar la trazabilidad de los procesos y asegurar el cumplimiento de los objetivos técnicos, normativos y ambientales. Así, los proyectos de transmisión no solo se consolidan como infraestructuras críticas, sino también como catalizadores del desarrollo sostenible y la transición energética del país.

## 7. Recomendaciones

En primer lugar, se recomienda que las entidades encargadas de la planificación y ejecución de proyectos de transmisión fortalezcan sus procesos de seguimiento normativo, de modo que se garantice el cumplimiento efectivo de las disposiciones técnicas y legales a lo largo de todas las etapas de la obra. Esto permitirá evitar retrasos, sanciones o conflictos derivados de vacíos en la aplicación de la regulación.

De igual manera, es fundamental que los proyectos de líneas de alta tensión incluyan desde su etapa inicial estrategias claras de gestión socioambiental que contemplen mecanismos de participación con las comunidades involucradas. Una comunicación transparente, el reconocimiento de las necesidades locales y la implementación de medidas de compensación adecuadas contribuirán a reducir tensiones y a mejorar la percepción social de las obras.

Se sugiere que las futuras investigaciones complementen el análisis cuantitativo con enfoques cualitativos que permitan profundizar en la comprensión de las experiencias de los distintos actores involucrados. Incorporar entrevistas, grupos focales o estudios de caso enriquecerá la visión del sector y permitirá generar propuestas más integrales para la mejora continua de los procesos de construcción y gestión de proyectos eléctricos en el país.

Es fundamental implementar sistemas avanzados de análisis territorial, como plataformas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), modelación geoespacial y geoportales (IGAC, SIAC), para optimizar la selección de trazados y reducir conflictos con áreas protegidas. A la par, se debe integrar un sistema de monitoreo ambiental en tiempo real, que incorpore sensores IoT, imágenes satelitales y algoritmos predictivos para el control de impactos. Esta estrategia no solo facilitará el cumplimiento del Manual de Compensaciones del Componente Biótico y la

Resolución 256 de 2018, sino que también reforzará la transparencia, asegurando sostenibilidad y gobernanza ambiental proactiva.

Se recomienda que las investigaciones futuras trasciendan el análisis descriptivo y adopten enfoques metodológicos que permitan una comprensión profunda de las dinámicas y percepciones de los diferentes actores involucrados en los proyectos de transmisión eléctrica. La incorporación de técnicas cualitativas, como entrevistas semiestructuradas, grupos focales y estudios de caso, aportará evidencia contextualizada y de alto valor analítico, enriqueciendo la interpretación de los resultados y permitiendo la formulación de estrategias integrales orientadas a la mejora continua de los procesos de planificación, ejecución y gestión del sector eléctrico en Colombia.

## 8. Referencias

- Angrosino, M. (2012). *Etnografía y observación participante en la investigación cualitativa*. Madrid: Morata.
- Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). (2023). *Proyectos sujetos a licencia ambiental*. <https://www.anla.gov.co/proyectos>.
- Bernal Santos, K. L. (2017). *Metodología para la selección de ruta de una línea de transmisión eléctrica circuito sencillo a 115 kV por medio de un sistema de información geográfica* (Tesis de especialización, Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería). <https://repository.unimilitar.edu.co/server/api/core/bitstreams/62ff3de7-2b43-413a-8a63-afaa3a4174ec/content>.
- Camargo, D. (2022). Gestión de proyectos de infraestructura en alta tensión. *Revista Energía*, 14(3), 45–58.7
- Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (1995). *Resolución CREG 025 de 1995: Por la cual se adoptan los criterios técnicos, económicos y operativos aplicables en la planificación y expansión de la infraestructura del sistema de transmisión de energía eléctrica en Colombia*. [www.creg.gov.co/sites/default/files/normatividad/archivos](http://www.creg.gov.co/sites/default/files/normatividad/archivos).
- Departamento Administrativo de la Función Pública (DAFP). (2018). *Política de gestión estratégica del talento humano en el Estado colombiano*. <https://www.funcionpublica.gov.co>
- Flick, U. (2015). *Introducción a la investigación cualitativa*. Madrid: Morata.
- García, J., & Torres, M. (2021). Impactos de la falta de metodologías en proyectos eléctricos públicos en Colombia. *Revista Ingeniería Pública*, 17(3), 112–126.

- Gómez, A., Martínez, L., & Rivera, S. (2018). *Transmisión de energía eléctrica: Aspectos técnicos y económicos*. Universidad Tecnológica Nacional.
- Guerra Weerakkody, B., Rathnayak, B., & Siriwardana, C. (2024). *Identifying and prioritizing critical risk factors in the context of a high-voltage power transmission line construction project: A case study from Sri Lanka*. *Ceylex Engineering (Pvt.) Ltd.*, 1-20.  
<https://www.mdpi.com/2673-4109/5/4/52>.
- Harper, G. E. (1978). *Líneas de transmisión y redes de distribución de potencia eléctrica (Vol. 1)*. México: Editorial Limusa.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación (6.ª ed.)*. México: McGraw-Hill.
- Institute, P. M. (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide) (7th ed.)*. Newtown Square, PA: PMI.
- Kerzner, H. (2022). *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling (13th ed.)*. Wiley.
- Kvale, S. (2011). *Doing interviews*. London: SAGE Publications.
- Mantilla Patiño, E. J. (2023). *Informe de plan de inversión ETER 2022–2023*. Cúcuta: Centrales Eléctricas de Norte de Santander S.A. E.S.P.
- Martín Cepeda, L. (2018). Gestión organizacional en entidades públicas del sector eléctrico: retos y transformaciones. *Revista Colombiana de Administración Pública*, 34(2), 45–62.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. (2020). *Manual de licenciamiento ambiental en Colombia*. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. (2022). *Evaluación ambiental estratégica del plan de expansión de referencia para la generación y transmisión energética (PERGT)*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/04/8.-EAE-Plan-de-expansion-de-referencia-para-la-generacion-y-transmision-energetica-PERGT.pdf>.
- Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (2013). *Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE)*. Bogotá: MinMinas.
- Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (2017). *Resolución 90708 de 2017: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE)*. [https://www.minminas.gov.co/documents/10180/18628/RETIE\\_2013.pdf](https://www.minminas.gov.co/documents/10180/18628/RETIE_2013.pdf).
- Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (2020). *Plan de expansión de referencia generación–transmisión 2020–2034*. [https://www.minminas.gov.co/sites/default/files/plan\\_de\\_expansion\\_generacion\\_transmision\\_2020-2034.pdf](https://www.minminas.gov.co/sites/default/files/plan_de_expansion_generacion_transmision_2020-2034.pdf)
- Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (2022). *Plan de expansión de transmisión 2022–2036*. [https://www1.upme.gov.co/siel/Plan\\_expansin\\_generacion\\_transmision/Plan\\_de\\_Expansion\\_2022-2036\\_VF.pdf](https://www1.upme.gov.co/siel/Plan_expansin_generacion_transmision/Plan_de_Expansion_2022-2036_VF.pdf).
- Mir, F. A. (2014). Exploring the value of project management: Linking project management performance and project success. *International Journal of Project Management*, 32(2), 202–217. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.05.012>.
- Muñoz, J., & Pérez, R. (2020). *Torres de transmisión: Diseño, construcción y mantenimiento*. Ediciones Eléctricas.

- Pereira, A. D. (2011). *Plan de desarrollo municipal 2007–2011*. Pereira.
- Pérez, L., & Rojas, D. (2020). Aplicación de metodologías de gestión de proyectos en infraestructura eléctrica en Colombia: análisis del enfoque PMBOK. *Revista Ingeniería y Sociedad*, 22(1), 87–104.
- Pérez, M., & Martínez, A. (2020). *Gestión ambiental en proyectos de infraestructura energética*. Green Energy Publications.
- Pérez, S., & Torres, F. (2021). Impacto social de los proyectos eléctricos en comunidades indígenas colombianas. *Revista Desarrollo y Territorio*, 27(2), 67–81.
- Ramírez, E., Vargas, L., & Castro, J. (2021). Desafíos en la construcción de líneas de transmisión en terrenos difíciles. *Ingeniería y Territorio*, 15(3), 83–94.
- Rosa, J., & Silva, J. A. (2021). Sustainability in energy infrastructure: Key challenges and strategies for power transmission projects. *Energy Policy*, 149, 112010. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421520307217>.
- Tang, Y., & Huang, Y. (2022). Research on construction technology of deep foundation pit of high voltage transmission line in plateau area. *Academic Journal of Science and Technology*, 4(2), 112–115. <https://www.researchgate.net/publication/367057891>.
- Turner, J. R. (2021). *Handbook of project-based management (4th ed.)*. McGraw-Hill.
- Valdés, P. (2021). Riesgos y desafíos en el diseño de líneas de transmisión de alta tensión. *Energía y Seguridad*, 33(4), 29–42.

### **Anexos**

ENELAR E.S.P. (2025). *Cuestionario sobre gestión de proyectos de líneas de transmisión* [Formulario en línea]. Google Forms.

[https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSf0FLYKRqIl80WkFym6tJV0tA2lOezxIagPksCn\\_WK7qkFEJA/viewform?usp=header](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSf0FLYKRqIl80WkFym6tJV0tA2lOezxIagPksCn_WK7qkFEJA/viewform?usp=header)