

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA SOLICITUD DE  
MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL OTORGADA A TRAVÉS  
DE LA RESOLUCIÓN 1120 DE 21 DE SEPTIEMBRE DE 1989.  
GASODUCTO APIAY – VILLAVICENCIO – BOGOTÁ.  
EXPEDIENTE LAM 951**

**CRUCE SUBFLUVIAL RÍO GUAYURIBA**



**VALORACIÓN  
ECONÓMICA  
AMBIENTAL**



**TGI**  
Grupo Energía Bogotá

**RESUMEN EJECUTIVO**

## 0. RESUMEN EJECUTIVO

El Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para la solicitud de modificación de la licencia ambiental respecto a la construcción del Cruce Subfluvial del río Guayuriba, se desarrolla en el marco normativo vigente, acogiendo los términos de referencia para proyectos de conducción de fluidos por ductos en el sector hidrocarburos, HI-TER-1-05 (2006), así como los lineamientos contenidos en la Metodología para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales emitida por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA- y El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -MADS- (2018).

En este sentido, Transportadora de Gas Internacional S.A. E.S.P. (TGI), presenta el correspondiente EIA para la ejecución del nuevo cruce, el cual se construirá a través del método de Perforación Horizontal Dirigida (PHD) como solución definitiva para reponer la tubería de gas de 6" de diámetro actualmente en operación.

El proyecto surge como resultado de las actividades de operación y mantenimiento, en el marco del cumplimiento de la Ley 1523 de 2012 (Política Nacional de Gestión del Riesgo) y el principio de precaución y autoconservación, con lo cual se determinó la necesidad de realizar la reposición de la tubería provisional, a fin de evitar una emergencia en sectores aledaños al cruce del río Guayuriba, con el fin de evitar una emergencia en sectores aledaños al cruce del río Guayuriba y minimizar el riesgo de afectación del suministro de gas en la capital del país.

### 0.1 Localización del proyecto

El cruce del gasoducto Apiay – Villavicencio – Bogotá, sobre el Río Guayuriba, se encuentra en el PK 44+100 aproximadamente de la tubería existente. La obra para realizar se ubica entre los límites de la vereda Cornetal y Buenavista del municipio de Villavicencio sobre la margen izquierda, y en la vereda Laberinto del municipio de Acacías sobre la margen derecha.

El área prevista de intervención del proyecto se distribuye en los siguientes polígonos: i) Área de intervención de la plataforma de entrada, ii) Plataforma de entrada, iii) Área de intervención de la plataforma de salida, iv) Plataforma de salida, v) Derecho de vía, vi) Tarabita, vii) Área de lingada; viii) Área de helipuerto de embarque, ix) Área de helipuerto de descargue, x) Estructura hidráulica sobre quebrada Pescado y xi) Área de tránsito o maniobra.

### 0.2 Descripción del proyecto

El método constructivo corresponde a la perforación horizontal dirigida, la cual consiste en hacer una perforación piloto de tres pulgadas de diámetro en curva suave de un lado al otro del río, siguiendo el alineamiento diseñado con base en los estudios de geotecnia, geomorfología e hidráulica fluvial y de socavación. A continuación, se describen someramente las obras requeridas para la materialización del cruce subfluvial.

**El área de intervención de la plataforma de entrada** es concebida como un área en la cual se harán las intervenciones requeridas para iniciar la perforación del cruce subfluvial, ello implica la apertura de un foso o zanja de ingreso. Allí se ubicará el equipo de perforación, grúa, cabina de control, tanque o

mezcla de lodos, piscina de lodos, bomba de lodos, almacén de bentonita, taller, contenedores de almacenamiento, torre de iluminación, así como oficinas (si se requiere), baños portátiles y áreas de disposición de residuos sólidos.

Para llegar a esta área del proyecto se hará uso de la vía veredal que desde la vía nacional Bogotá – Villavicencio, a la altura del campamento La Flor (Coviandina), conduce hasta quebrada Pescado.

En la margen derecha está el **área de lingada** sobre la cual se ubicará la tubería del proyecto. En esta misma área se realizará el empalme y pega de la tubería, la cual se apoyará sobre sacos de fique llenos de suelo suelto, y/o polines de madera, con el fin de evitar el contacto con el suelo.

Adicionalmente, como parte de las áreas del proyecto, se incluye el **derecho de vía**, que corresponde a la franja de terreno en la cual se encuentran los elementos que constituyen la infraestructura del proyecto y que a su vez contempla una zona o área de protección de dicha infraestructura; esta franja de terreno se encuentra legamente constituida para facilitar el transporte de gas. Al interior de este derecho de vía se prevé la construcción de una **tarabita** que permita el paso de materiales y personal desde la margen izquierda a la derecha del río Guayuriba.

Como obras complementarias para la ejecución del cruce subfluvial se adecuarán dos áreas denominadas **Áreas de helipuerto de embarque, descargue y acopio de tubería**.

Sobre quebrada Pescado se construirá una **estructura hidráulica**, la cual dará continuidad a la vía veredal existente de manera que los equipos requeridos por el proyecto puedan llegar hasta el área de intervención de la plataforma de entrada del proyecto.

Finalmente, se ha establecido un polígono de paso sobre el río Guayuriba, denominado **área de tránsito o maniobra**, el cual será utilizado en caso de presentarse algún evento contingente durante la construcción del proyecto.

La materialización del proyecto se plantea por el método constructivo de perforación horizontal dirigida, para lo cual se requiere la ejecución de las siguientes actividades:

**Tabla 0-1 Listado de actividades para el desarrollo del Cruce Subfluvial río Guayuriba**

<b>1. PRE-CONSTRUCTIVA</b>	
1	Ingeniería de detalle
2	Acercamiento con comunidades e instituciones
3	Adquisición de bienes y servicios
4	Gestión predial e inmobiliaria (negociación de servidumbres)
5	Contratación de personal
<b>2. CONSTRUCTIVA</b>	
6	Habilitación de accesos
7	Movilización de maquinaria, materiales y equipos
8	Movilización de personal
9	Señalización temporal y/o permanente
10	Localización, replanteo y detección
11	Desmonte o remoción de cobertura vegetal
12	Descapote
13	Geotecnia preliminar
14	Conformación del derecho de vía (DDV)

15	Transporte, acopio y tendido de la tubería
16	Doblado, alineación y soldadura de la tubería
17	Sand Blasting, control radiográfico, revestimiento de juntas y protección de la tubería
18	Prueba hidrostática o neumática
19	Excavación de la zanja o fosa y movimientos de tierra
20	Perforación Horizontal Dirigida (piloto y ensanchamientos sucesivos)
21	Reconformación del terreno y obras de protección geotécnica
22	Limpieza y revegetalización de áreas intervenidas
23	Abandono del tubo actual – Inertiza (dejar libre de gases e impurezas)
<b>3. OPERATIVA</b>	
24	Llenado y puesta en operación
25	Mantenimiento del derecho de vía e infraestructura asociada
26	Reposición de tubería
<b>4. DESMANTELAMIENTO (tubería superficial)</b>	
27	Desmantelamiento y abandono de las instalaciones
28	Desmantelamiento obras de concreto
29	Mantenimiento de vías de acceso
30	Desmante de la tubería y cierre técnico del ducto
31	Conformación del terreno
32	Revegetalización

Fuente: Valoración Económica Ambiental S.A.S., para Transportadora de Gas Internacional S.A. E.S.P.

### 0.3 Área de influencia

La definición del área de influencia (AI) tiene en cuenta los lineamientos de la Metodología para la elaboración y presentación de estudios ambientales (MADS – ANLA 2018), según la cual ésta se delimita por componente, grupo de componentes o medios (abiótico, biótico, socioeconómico). Inicialmente para la definición del AI preliminar, se determinaron las unidades mínimas de análisis (UMA) a partir de los siguientes criterios: i) Existencia de una unidad cartografiable para el componente; ii) Ubicación de las obras o intervenciones requeridas por proyecto con relación a la unidad cartográfica del componente; y iii) Naturaleza y extensión estimada del impacto generado por la infraestructura del proyecto sobre el componente. Una vez definida el área de influencia preliminar por componente y por medio, bajo el análisis de la trascendencia de impactos ambientales, en un proceso iterativo se ajustan los límites previamente establecidos y se configura el área de influencia final y/o definitiva del proyecto.

Luego del análisis realizado, los impactos que se consideraron de mayor significancia ambiental y que permitieron redefinir el polígono establecido como área de influencia del medio abiótico corresponden a los impactos previstos sobre los componentes Geología, Geomorfología, Hidrogeología y suelos. En este sentido, se definió como AI del medio abiótico las áreas a ser intervenidas, es decir las áreas de intervención de las plataformas de entrada y salida, lingada y las áreas de helipuerto.

Para el medio biótico se definió como criterio principal, para la delimitación del área de influencia final, las coberturas de la tierra ajustadas una vez realizadas las actividades de campo, pues las mismas serán las que se intervendrán directamente, y consecuentemente podrán afectar las condiciones o cotidianidad de las especies faunísticas existentes en el área. De acuerdo con lo indicado en el análisis de trascendencia de impactos ambientales, se considera que, a partir de la remoción de individuos arbóreos, así como de la capa orgánica del suelo, se generará una alteración tanto a las coberturas de la tierra, como a las especies de fauna que habitan en coberturas aledañas o en la misma cobertura que será intervenida con el proyecto.

Conforme el análisis realizado para el medio socioeconómico no se identificaron impactos ambientales de significancia ambiental relevante (crítico, severo) que permitieran definir un polígono como área de influencia; No obstante, se analizaron los impactos de significancia moderada con el fin de obtener una mejor aproximación a un área de influencia que a su vez contemple la envergadura del proyecto. En función de esto, se considera que las áreas de influencia del medio socioeconómico son equivalentes al límite propuesto para los medios abiótico y biótico.

## 0.4 Caracterización del área de influencia del proyecto

### 0.4.1 Medio abiótico

Dentro de la caracterización del área de influencia del proyecto, a nivel geológico, se identificaron cinco unidades geológicas del cuaternario, las cuales corresponden a: Formación Lutitas de Macanal (Kilm), Terrazas Altas (Qt1), Terrazas Bajas (Qt2), Depósitos Aluviales (Qal) y Abanico Aluvial (Qab). Estas se describen a continuación:

**Formación Lutitas de Macanal (Kilm):** Rocas sedimentarias arcillosas del Cretácico, litológicamente compuesta por lodolitas negras, micáceas, piritosas, ligeramente calcáreas, con nódulos alargados, generalmente arenosos y orientados en forma paralela a la estratificación, con intercalaciones esporádicas de calizas y arenitas cuarzosas de grano fino y de color gris oscuro cemento silíceo en capas medias a gruesas. Aflora al Oeste, Sureste y Sur del área de influencia del proyecto como una franja de dirección NE, e infrayace discordantemente depósitos cuaternarios antiguos y aluviones recientes.

**Terrazas Altas (Qt1):** Identificadas principalmente en el flanco izquierdo de la Quebrada La Florida (en la confluencia con el Río Guayuriba), y en la zona de acceso existente en la margen izquierda del Río Guayuriba. Se presentan como terrazas antiguas altas, con un espesor de entre 20 y 30 metros. Presentan niveles conglomeráceos, arenáceos y limosos interdigitados, en general con muy baja selección y homogeneidad.

**Terrazas Bajas (Qt2):** Corresponden a depósitos de sedimentos arrastrados por las mismas corrientes de agua que fueron depositándolos a medida que perdían su capacidad de arrastre por degradación y/o épocas de diferente intensidad lluviosa. Están compuestos por gravas y guijos redondeados en matriz limo – arenosa. Se evidencian en la margen derecha del Río Guayuriba.

**Abanico Aluvial (Qab):** Debido a la socavación producida por el cauce actual de Quebrada Pescado, se aprecia que los eventos de deposición del abanico aluvial de esta forma han acomodado los sedimentos de manera grano creciente desde arcillas y limos con tonalidades marrones hasta cantos y bloques subredondeados y algunos fuertemente fracturados.

**Depósitos Aluviales (Qal):** Son depósitos de fragmentos de roca, de tamaño y composición variada, generalmente redondeados a subredondeados debido al proceso de transporte, ocasionalmente con presencia de arena limosa, se presentan sobre valles aluviales y partes del cauce de ríos y quebradas. Estos son muy inestables puesto que las corrientes están desplazándolos constantemente.

En lo que respecta al componente de geomorfología, se identificaron trece (13) subunidades, las cuales corresponden a:

**Ladera estructural (Sle):** Superficie en declive de morfología regular a irregular, definida por planos preferentes (estratos, foliación, diaclasamiento, entre otros) a favor de la pendiente del terreno. De longitud larga a extremadamente larga y con pendientes suavemente inclinadas a escarpadas. Esta geoforma se localiza principalmente al sur del área de influencia.

**Ladera contrapendiente (Slcp):** Superficie en 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 y con pendientes suavemente inclinadas a muy escarpadas. Se localizó al sur del área de influencia, en la margen izquierda del Río Guayuriba, y está compuesta por rocas arcillosas de la Formación Lutitas de Macanal.

**Ladera ondulada (Dlo):** Superficie en declive de morfología alomada o colinada, pendiente inclinada a escarpada, la longitud varía entre corta y muy larga. El patrón de drenaje es subdendrítico a subparalelo. Estas laderas se pueden formar en suelos residuales y depósitos coluviales. Esta geoforma está localizada principalmente al sureste y noroeste del área de influencia, sobre suelos residuales de la Formación Lutitas de Macanal.

**Ladera con movimiento en masa (Dlmm):** Son movimientos perceptibles ladera abajo de material rocoso, suelo o escombros por efecto de la gravedad y agentes exógenos que debilitan las propiedades iniciales de las rocas, se asocian también con superficies de ruptura, falla o una zona delgada de intensa cizalla. Esta geoforma se identificó al sur del área de influencia, en la margen izquierda del Río Guayuriba.

**Laderas escarpadas (Dlae):** Comprende laderas de pendiente homogénea con una inclinación superior al 75%, se presenta principalmente en la margen derecha de Quebrada Pescado, en la zona cercana a la desembocadura en el Río Guayuriba.

**Terrazas de acumulación (Fta):** Superficie elongada, plana a suavemente ondulada, modelada sobre sedimentos aluviales, que se presenta en forma pareada, limitada por escarpes de diferente altura a lo largo del cauce del Río Guayuriba.

**Terraza de acumulación Subreciente (Ftas):** Superficie plana a suavemente inclinada, remanente de terrazas subrecientes de morfología ondulada, disectadas, localmente basculadas, con inclinaciones entre 3° a 5°, aunque algunos sectores pueden alcanzar los 10° donde se presenta limitada por escarpes de 5 a 20 m. Su origen es relacionado a la ampliación del valle del Río Guayuriba, al ganar importancia la erosión en sus márgenes.

**Escarpe de terraza de acumulación (Ftae):** Plano vertical a subvertical, escalonado, excavado en sedimentos aluviales que bordean las terrazas de acumulación. Su origen es relacionado a la incisión y profundización del cauce. La altura de los escarpes puede alcanzar decenas de metros. Esta geoforma se identificó principalmente al suroeste y noreste del área de influencia.

**Isla fluvial (Fif):** Corresponde a una masa de tierra o isla localizada en medio de un curso fluvial (río, arroyo, etc.). En el área de influencia está compuesta por gravas, arenas, limos y sedimentos acumulados por el Río Guayuriba y Quebrada Pescado, cubiertos por vegetación.

Cono de deyección (Fcdy): Superficie de forma de cono, con una inclinación en planta de 5° a 10° y decenas de metros de extensión. Se localiza en el punto donde los canales o quebradas llegan a zonas de valle amplios. Esta unidad se encuentra localizada en la desembocadura de la Quebrada Pescado al Río Guayuriba.

Cuenca de decantación (Fcd): Artesa cóncava a plano-cóncava, localmente llena de agua y pobremente drenada, casi plana. Su origen es relacionado al desborde temporal de canales o ríos adyacentes, sobre las terrazas o planos de inundación quedando como remanente de agua. Esta unidad se encuentra sobre la terraza baja, en la margen derecha del Río Guayuriba, en cercanías a la plataforma de salida de la PHD.

Cauce aluvial (Fca): Corresponde a las áreas por donde frecuentemente circulan las corrientes permanentes de agua. Dependiendo de la época del año estas geoformas pueden presentar pequeñas variaciones a la escala cartografiada, debido a la divagación de las corrientes. Para el área de influencia y a la escala de trabajo, esta geoforma se relaciona exclusivamente con el cauce del Río Guayuriba y la quebrada Pescado.

Superficies de explanación (Ase): Corresponde a planos de allanamiento hechos en laderas de sustrato rocosos y/o materiales inconsolidados con el fin de adecuar el terreno para la construcción o con fines de estabilización de laderas, mediante la explanación o terraceos que disminuyen la pendiente del terreno. En el área de influencia corresponde a las zonas donde están instalados los equipos y maquinaria encargados de la construcción de la doble calzada Bogotá – Villavicencio.

Respecto al componente Suelo, y puntualmente al uso actual, se identificó al interior del área de influencia, que el mayor porcentaje se encuentra ocupado por Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación. También se identificó uso de pastoreo extensivo, servicios y transporte.

Se identificó que la capacidad de uso corresponde a un potencial de clase 4, 5, 6, 7 y 8. Siendo las más relevantes las clases agrológicas 6 y 7. Para el primero caso, las tierras de esta clase están limitados por condiciones de excesos de lluvia, por humedad temporal en el suelo por periodos menores a 180 días/año, son suelos de baja capacidad de intercambio catiónico, por contactos líticos a los 25 cm y hasta 50 cm de profundidad, sumado a topografías irregulares y por contactos líticos a los 25 cm y hasta 50 cm de profundidad el uso recomendado es para cultivos permanentes semi-intensivos, sistemas agrosilvícolas, sistemas agrosilvopastoriles y sistemas forestales protectores, respectivamente. En el segundo caso, clase 7, los suelos se encuentran limitados por pendientes que superan el 50% el uso recomendado es para sistemas forestales protectores y sistemas forestales productores.

A partir de la superposición de las dos variables descritas anteriormente, se determinó que el mayor porcentaje del área de influencia del proyecto presenta tierras sin conflicto o un uso adecuado, es decir, tierras donde el uso actual es concordante con la vocación de la tierra. Igualmente, pero en una menor proporción, se identificaron conflictos por sobreutilización moderada, sobreutilización severa, subutilización ligera y por subutilización moderada.

A nivel hidrológico, el área de influencia, de acuerdo con la Zonificación y Codificación de Unidades Hidrográficas e Hidrogeológicas de Colombia, se identifica que el proyecto se encuentra ubicado en el

área hidrográfica del Orinoco (3), la zona hidrográfica del Meta (35) y la subzona hidrográfica del río Guayuriba (3502). De acuerdo con la clasificación se identifica una cuenca de orden 1 comprendida por el área hidrográfica del Orinoco, una cuenca de orden 2 por la zona hidrográfica del Meta, una cuenca de orden 3 por la subzona hidrográfica del río Guayuriba, dos (2) cuencas de orden 4 comprendidas por las cuencas del río Guayuriba y la quebrada El Pescado, así mismo, dos (2) cuencas de orden 5 comprendidas por las microcuencas Caño Pescado y Caño Vijagual.

En el área de influencia no se identificaron usos relevantes del recurso hídrico superficial; así como tampoco se identificaron usos para cuerpos de agua subterránea. Consecuentemente, de acuerdo con los resultados obtenidos tras aplicar la matriz de decisión para el indicador IVH, se ha identificado una vulnerabilidad media al desabastecimiento para las cuencas del caño Pescado y caño Vijagual para todos los meses del año, mientras que para la cuenca del río Guayuriba únicamente se presentan vulnerabilidad media entre el periodo comprendido por los meses de marzo y septiembre, toda vez que durante los demás meses se identifica una vulnerabilidad al desabastecimiento entre alta y muy alta.

En lo que respecta al componente hidrogeológico se realizó un análisis cualitativo de las propiedades geológicas, de manera que se logró establecer la presencia de Acuíferos continuos de extensión regional de mediana productividad y Sedimentos y rocas de muy baja productividad. En el primer caso, los acuíferos continuos de extensión regional presentan mediana productividad, y se encuentran conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados y rocas sedimentarias terciarias poco consolidadas de ambiente fluvial, glaciofluvial, marino y volcanoclástico. Acuíferos libres y confinados. Con aguas de buena calidad química para el consumo humano. Para el segundo caso, la unidad se encuentra constituida por depósitos cuaternarios no consolidados de ambientes lacustres, deltaicos y marinos, y por rocas sedimentarias terciarias a cretácicas poco consolidadas a muy consolidadas de origen continental o marino. Almacenan aguas de regular a mala calidad química para el consumo humano.

De acuerdo con la metodología empleada para la determinación de la estabilidad geotécnica, se establecieron cinco escenarios de estabilidad, los cuales van desde una Estabilidad Geotécnica Muy Baja (EGMB) hasta una Estabilidad Geotécnica Muy Alta (EGMA). El resultado del procesamiento aplicado a las variables geoambientales analizadas, arrojó tres escenarios de estabilidad, sugiriendo que dentro del área de influencia se presentan zonas con una estabilidad geotécnica: Muy Alta (EGMA), Alta (EGA) y Media (EGM).

En el componente atmosférico, se identificó que en función de la temperatura y de las precipitaciones, en el área de influencia predomina el clima Templado Muy húmedo. Se ejecutó el monitoreo de calidad del aire en 3 puntos para determinar las condiciones del recurso atmosférico en el área de influencia del proyecto. Los resultados obtenidos indican que se cumplen los límites máximos permisibles estipulados en la Resolución 2254 de 2017, motivo por el cual se identificó una calidad del aire de categoría Buena y Aceptable, de acuerdo con el cálculo del ICA.

Adicionalmente, con el fin de conocer el impacto que tendría el proyecto en el área de influencia, se ejecutó el modelo predictivo de dispersión de contaminantes, bajo un escenario en construcción. Este contempló las actividades inherentes al proceso de reposición de tubería. Así, de acuerdo con los límites permisibles que exige la resolución 2254 de 2017 MADS, se determinó que las máximas concentraciones arrojadas por el modelo registran valores para CO, PM2.5, PM10, NO2 y SO2 por debajo del límite permisible.

Para el componente ruido, y conforme las mediciones realizadas en campo, se puede afirmar que los resultados obtenidos para el horario diurno en el día hábil exceden el límite máximo permisible 55 dB(A) estipulado por la Resolución 627/2006 del MADS), pero en el día no hábil se encuentran por debajo del mismo. Para el día hábil se registraron valores de 60.,5 dB(A) en el punto 1, 56,6 dB(A) en el punto 2 y 63,8 dB(A) en el punto 3 siendo ésta la medición diurna más alta. En cuanto al día no hábil, se registraron valores de 54,7 dB(A) en el punto 1, 53,4 dB(A) en el punto 2 y 53,7 dB(A) en el punto 3. En la jornada nocturna, los resultados obtenidos en el día hábil y el día festivo muestran niveles superiores al límite estipulado de 45 dB(A), obteniéndose para el día hábil resultados de 53,5 dB(A) en el punto 1, 67,0 dB(A) en el punto 2 siendo ésta la medición nocturna más alta y 60,1 dB(A) en el punto 3; en cuanto al día no hábil, se registraron valores de 47,3 dB(A) en el punto 1, 50,2 dB(A) en el punto 2 y 51,3 dB(A) en el punto 3.

En complemento a lo anterior, y con el fin de estimar el nivel de ruido que generaría el proyecto durante sus actividades constructivas, se ejecutó un modelo predictivo de emisión de ruido usando el software Sounplan versión 8. De acuerdo con las fuentes de emisión de ruido del proyecto, los resultados indican que las emisiones de ruido de las actividades conjuntas solo en área aledaña a la de perforación superan los límites para el nivel de ruido en zona residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional de 55 dB (límite diurno), sin embargo, los niveles de ruido bajan rápidamente y solo podrían afectar un receptor en la zona.

En el mapa de curvas isófonas se evidencian los niveles de presión sonora mayores al límite establecido para la emisión de ruido del sector Residencial, notando que área con influencia del nivel de ruido superior a los 55 dB es de 0,09184 km<sup>2</sup>, presentado un área significativa pequeña de afectación, en relación al tamaño total del proyecto.

#### 0.4.2 Medio biótico

Para el medio biótico, puntualmente lo asociado al componente flora, se identificó que la cobertura de la tierra con mayor ocupación en el área de influencia corresponden a la cobertura de Bosque de galería y/o ripario con un porcentaje de 46,25%; seguido de la cobertura Pastos arbolados con un porcentaje de 21,92%; Pastos enmalezados con un porcentaje de 8,10%; la cobertura Zonas arenosas naturales (la cual abarca la cobertura Arenales (nivel 4 CLC)) con un porcentaje de 7,92%; la cobertura de Ríos (50 m) con un porcentaje de 6,42%; Pastos limpios con un porcentaje de 3,54%; Zonas industriales o comerciales con un porcentaje de 2,14%; Red vial y territorios asociados con un porcentaje de 2,01% y por último la unidad de Bosque Fragmentado con un porcentaje de 1,72%.

En lo que respecta al componente fauna, se realizó la caracterización del grupo aves, de acuerdo con las observaciones en campo se reportó un total de 294 individuos, pertenecientes a 53 especies de 29 familias y 13 órdenes. En cuanto a las familias del grupo de aves registradas en el área de influencia la mayor abundancia de especies pertenece a la familia Tyrannidae, Icteridae y Ramphastidae con cinco (5) especies cada una, seguido por las familias Thraupidae y Trochilidae con tres (3) especies cada una, este registro se relaciona con la presencia de bosques tropicales que satisfacen su alta demanda de alimentos, como frutos e insectos (Hilty & Brown, Guía de aves de Colombia. ABC, Universidad del valle, SAO, 2001).

Para el registro de mamíferos se emplearon muestreos directos en campo, colecta de especímenes (trampas Sherman, trampas Tomahawk) observaciones directas e indirectas (Rastros, huellas,

heces). Los recorridos se realizaron en cada una de las coberturas de la tierra identificadas al interior del área influencia, registrando un total de 28 individuos, pertenecientes a 9 especies de 7 familias y 7 órdenes. Los órdenes más representativos corresponden a Carnívora y Primates, cada uno con un registro de 2 especies. A estos le siguen Cingulata, Didelphidae, Didelphimorphia, Pilosa y Rodentia con una especie cada una (1).

De acuerdo con las observaciones en campo, se reportaron para el grupo herpetos al área de influencia un total de 16 individuos, pertenecientes a 9 especies de 9 familias y 2 orden, donde el orden Squamata y Anura se encuentran representando por el 44,44% y 55,56%, respectivamente; en el caso del orden Squamata se registraron 4 especies asociadas y para el orden Anura se registraron 5 especies. El grupo herpetos actualmente es un grupo que posee muchas especies en proceso de extinción debido a la destrucción de su hábitat y la introducción de enfermedades por parte del hombre.

Para el componente de flora vascular y no vascular, es válido indicar que, para la cobertura Bosque de galería y/o ripario se registró un total de 500 individuos, distribuidos en 10 especies y 4 familias de epífitas vasculares. Bromeliaceae fue la familia que más individuos registró (341), seguida de Araceae (133), Orchidaceae (10) y Piperaceae (16). Para la cobertura de pastos arbolados se registró un total de 610 individuos, 9 especies y 3 familias de epífitas vasculares. La especie que mayor abundancia presentó fue *Trizeuxis falcata* Lindl con 151 individuos, seguida de *Tillandsia* sp. (148). En la cobertura de pastos enmalezados la única familia que se registró fue Orchidaceae, con 2 especies y 13 individuos

En lo que respecta a la flora no vascular, para la cobertura de Bosque de galería y/o ripario se registraron 27.176 cm<sup>2</sup> de cobertura de especies epífitas no vasculares, en donde el grupo que mayor cobertura presentó fueron los musgos con 21.040 cm<sup>2</sup> de cobertura, en donde *Vitalia caespitosa* fue la especie que mayor cobertura en cm<sup>2</sup> al presentar un total de 10.560 cm<sup>2</sup> seguida de *Plagiochila* sp. con 4.760 cm<sup>2</sup>. Para la cobertura de pastos arbolados se registraron 26.720 cm<sup>2</sup> de cobertura para epífitas no vasculares, en donde los líquenes fueron los que más cobertura en cm<sup>2</sup> presentaron. Para la cobertura de pastos enmalezados se registró un total de 3.120 cm<sup>2</sup> de cobertura, en donde los líquenes presentaron la mayor cantidad con 2.240 cm<sup>2</sup> de cobertura.

En el área de influencia del proyecto no se identificaron áreas de especial interés ambiental que pudieran llegar a ser afectadas o intervenidas con la ejecución de obras del Cruce subfluvial del río Guayuriba.

#### 0.4.3 Medio socioeconómico

La caracterización del área de influencia del proyecto, en lo que respecta al medio socioeconómico se realizó con base en las condiciones de las unidades territoriales de Cornetal, Buenavista y Servitá, del municipio de Villavicencio y las unidades territoriales Laberinto y Líbano, del municipio de Acacías.

Para la determinación de las unidades territoriales menores que fueron objeto de caracterización, se tomó como base la información secundaria disponible en el Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE- del año 2019. Adicionalmente, de acuerdo con los ejercicios de participación que se surtieron en cada unidad territorial, se validaron los límites territoriales con las comunidades de manera que se logró coherencia entre la percepción social del territorio y las fuentes de información secundaria disponibles.

También se revisó la cartografía oficial de los instrumentos de ordenamiento territorial del municipio de Villavicencio y se verificó la información disponible en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC-.

Esta caracterización se enmarca en los lineamientos de las políticas ambientales contempladas principalmente en la Constitución Nacional de 1991, la Ley 99 de 1993 (Gestión y Conservación del Medio Ambiente), Decreto 1076 de 2015 (Decreto único), Ley 152 de 1994 (Ley Orgánica del Plan de Desarrollo), con sus respectivos decretos reglamentarios y se fundamenta en la aplicación de las reglamentaciones existentes sobre los mecanismos de participación de las comunidades contemplados en la Ley 134 de 1994 y la Guía de lineamientos de participación para estudios Ambientales (ANLA) de julio de 2018.

Se presentan aspectos relevantes de los componentes demográfico, espacial, económico, cultural y político-organizativo, así como las tendencias de desarrollo, de las comunidades localizadas en las áreas de intervención asociadas a las obras y actividades del cruce subfluvial. Esta caracterización contribuye a consolidar una línea base que permite identificar o estimar los posibles impactos que puedan presentarse en el medio socioeconómico, teniendo en cuenta el alcance del proyecto.

Para el componente Paisaje, se integró la información obtenida de los capítulos de geomorfología y coberturas de la tierra, mediante el uso de la herramienta de Información Geográfica ArcGis, se realizó la superposición espacial de las trece (13) unidades geomorfológicas y ocho (8) coberturas identificadas. Siendo así, al interior del área de influencia del proyecto se identificaron 50 unidades de paisaje, las cuales abarcan una extensión de 322,53 ha. Entre las unidades de mayor representatividad dentro del área se encuentran: Bosque de galería y/o ripario en Ladera Ondulada con un área de 66,88 ha y un 20,73% de ocupación del área de influencia y Pastos arbolados en Terraza de acumulación Subreciente abarcando 39,52 ha, representando 12,25%.

Dentro de las unidades de menor representación en el área de influencia se encuentran: Ríos en terraza de acumulación ocupando 0,0001% del área de influencia, seguida de Ríos en Ladera Ondulada ocupando el 0,001% del área, Ríos de escarpe en Terraza de acumulación con 0,001% del AI.

#### 0.4.4 Zonificación Ambiental

El área de influencia del proyecto se caracteriza por presentar una susceptibilidad ambiental muy alta, esto contemplando que la cobertura de bosque de galería y/o ripario y bosque fragmentado se constituye como la cobertura de la tierra de mayor representatividad y predominancia al interior del área de influencia. En este sentido, las áreas de susceptibilidad muy alta corresponden a 156,10 ha, equivalentes a 48,40% del AI.

En lo que respecta a las áreas de alta susceptibilidad, son aquellas que se encuentran asociadas principalmente al río Guayuriba y Caño Pescado, por lo que abarcan una extensión de 63,64ha correspondientes a 19,73% del área de influencia.

Las áreas de susceptibilidad ambiental moderada corresponden a 88,19 ha, equivalentes al 27,34% del área de influencia y se encuentran localizadas principalmente en las áreas de intervención del proyecto.

Para las áreas de susceptibilidad ambiental baja es válido aseverar que las mismas se distribuyen en 4,53% del AI, lo que es correspondiente a 14,61 ha.

### 0.5 Demanda de recursos naturales

Conforme las áreas que se pretenden intervenir con la ejecución del proyecto, y lo indicado en la ingeniería básica relacionada con el mismo, se ha evaluado la cantidad de recursos naturales potencialmente requeridos para la construcción del proyecto. Teniendo en cuenta lo anterior se requiere la concesión de aguas superficiales en el río Guayuriba y quebrada Pescado por un volumen de 12,75 lps en cada una de las corrientes; ocupación de Cauce sobre el río Guayuriba, quebrada Pescado y Caño NN1; así como el aprovechamiento forestal de 235 individuos fustales que se ubican sobre el derecho de vía, las áreas de intervención de las plataformas de entrada, salida y sobre el área de lingada. Igualmente, es necesario solicitar el levantamiento parcial de la veda para las epífitas vasculares y no vasculares reportadas en las áreas de intervención del proyecto.

Para la ejecución del cruce subfluvial no se solicita concesión de aguas subterráneas, vertimiento en suelo o agua, materiales de construcción ni permiso de emisiones atmosféricas.

### 0.6 Evaluación ambiental

En la evaluación ambiental del **escenario Sin Proyecto**, de acuerdo con el desarrollo de las actividades de campo y la revisión de información existente, se realizó una aproximación al estado actual de los componentes ambientales y se estimó su tendencia, considerando la perspectiva del desarrollo regional y local, la dinámica económica, los planes gubernamentales, la preservación y manejo de los recursos naturales y las consecuencias que para estos componentes tienen las actividades antrópicas y naturales propias del área de influencia. Para este escenario se identificaron un total de 92 interacciones (actividades-impactos); en donde el 88,04% corresponde a impactos de carácter negativo, mientras que el 11,96% restante fueron impactos de carácter positivo. El mayor porcentaje de los impactos tienen importancia irrelevante (39,13%), seguido de los impactos moderados con el 32,61%. Los impactos severos tienen una presencia del 10,87% en la distribución y los críticos tan solo se encuentra un 5,43% de los impactos; por otro lado, los impactos positivos en el escenario sin proyecto se establecen con un 11,96% de incidencia.

Analizando el carácter del impacto en el escenario sin proyecto, se evidencia que la actividad que tiene mayor número de impactos negativos sobre el ambiente es aquella denominada “Actividad Ganadera” con un total de 16 interacciones, seguido de “Actividades domésticas” con 13 y “Aprovechamiento forestal” y “Explotación de materiales de arrastre”, las cuales cuentan con 12 interacciones negativas cada una. Por otro lado, la actividad acuícola cuenta con solamente 5 interacciones de carácter negativo teniendo en cuenta que su incidencia es puntual y solo se da en algunas épocas del año cuando a las condiciones del río Guayuriba lo permite. Igualmente, se presentaron interacciones de carácter positivo de forma generalizada en el total de las actividades analizadas evidenciándose un total de 11 interacciones.

Así mismo, se logró identificar una mayor incidencia de impactos con carácter negativo en los tres medios teniendo en cuenta que el medio abiótico presenta una mayor presión con un total de 30 interacciones de carácter negativo, seguido del medio biótico con 22 y el socioeconómico con 11; no obstante, se pueden identificar 14 interacciones de carácter positivo en el medio socioeconómico.

Para el escenario con proyecto se presentaron 303 interacciones entre actividades e impactos de los medios abiótico, biótico y socioeconómico, de las cuales el 60,73% representan impactos de carácter negativo y el 39,27% representan los impactos de carácter positivo.

Las interacciones más representativas corresponden a los impactos de importancia irrelevante con un total de 109 interacciones, equivalente al 35,97%, seguido de los impactos de importancia moderada con un total de 71 interacciones (23,43%), y un 1,32% para las interacciones de importancia severa con un total de 4 impactos; no se presentaron impactos con significancia crítica; en cuanto a los impactos de carácter positivo se cuenta con 119 interacciones representando dentro de la distribución porcentual un 39,27%.

En cuanto a las actividades del proyecto, se identifica que las que más interacciones de carácter negativo presentaron fueron en orden de importancia: Descapote (21) y desmonte o remoción de cobertura vegetal (19). Por otro lado, las que más interacciones de carácter positivo presentaron fueron en orden de importancia: revegetalización (15), y la limpieza y revegetalización de áreas intervenidas (14).

Para este escenario se identificó una mayor incidencia de impactos con carácter negativo en los tres medios teniendo en cuenta que el medio abiótico presenta una mayor presión con un total de 97 interacciones de carácter negativo, seguido del medio biótico con 43 interacciones negativas y el medio socioeconómico con 40 interacciones de esta naturaleza. Igualmente se pueden identificar 66 interacciones de carácter positivo en el medio socioeconómico, 13 para el medio biótico y 40 interacciones positivas para el medio abiótico.

### 0.7 Zonificación de manejo ambiental

De acuerdo con el desarrollo de la metodología planteada para la determinación de la zonificación ambiental, el mayor porcentaje del área de influencia se asocia a áreas de intervención con restricción alta, principalmente por la importancia que a nivel biótico presentan dentro del área de influencia. Estas áreas corresponden a áreas que requieren medidas de manejo ambiental especiales para prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos generados por las actividades del proyecto. En caso de no aplicarse estas medidas, se presentarían afectaciones altas o muy altas en los atributos ambientales. Abarcan en total 156,31 ha, es decir 48,47% del área de influencia.

Para el caso de las áreas de intervención con restricción media, es de indicar que son áreas que corresponde a áreas que requieren medidas de manejo ambiental para prevenir, mitigar o corregir los impactos generados por las actividades del proyecto. En caso de no aplicarse estas medidas, se presentarían afectaciones moderadas o altas en los atributos ambientales. Abarcan en total 149,58 ha, es decir 46,38% del área de influencia.

Las áreas de intervención con restricción baja se encuentran asociadas donde la susceptibilidad ambiental es baja, por lo que son zonas equivalentes a áreas que requieren medidas de manejo ambiental genéricas pero localizadas para prevenir y mitigar los impactos generados por las actividades del proyecto. En caso de no aplicarse estas medidas, se presentarían afectaciones bajas y/o moderadas en los atributos ambientales. Se extienden en 7,46 ha, es decir el 2,31% del área de influencia.

Finalmente, las áreas de intervención indicadas al interior del área de influencia corresponden a áreas que podrían o no requerir medidas de manejo ambiental genéricas para el desarrollo de las actividades del proyecto. En caso de no aplicarse estas medidas, se presentarían afectaciones bajas en los atributos ambientales. Estas áreas se extienden en 9,17 ha y un porcentaje equivalente de 2,84% del AI.

### 0.8 Plan de manejo ambiental

El Plan de Manejo Ambiental (PMA), comprende el conjunto de planes, programas y proyectos diseñados para prevenir, mitigar, corregir y/o compensar los impactos identificados en cada una de las etapas y actividades del proyecto Cruce Subfluvial del Río Guayuriba.

La estructuración y contenido de cada una de las fichas de manejo incluye para las distintas etapas del proyecto, los programas necesarios que puedan brindar el adecuado manejo ambiental y permitan un sistemático y eficiente seguimiento por parte de las autoridades ambientales competentes.

En este PMA, se han considerado 26 fichas subdivididas en: trece (13) para el medio abiótico, siete (7) para el medio biótico y seis (6) para el medio socioeconómico, en donde se contemplan los programas para el manejo del suelo, del aire, del recurso hídrico, para la protección y conservación de los hábitats, la revegetalización, entre otras, y finalmente el programa de gestión social.

A continuación, en la Tabla 0-2 se presentan los programas y fichas propuestas para el presente Plan de Manejo Ambiental.

**Tabla 0-2 Programas y Fichas propuestas para el Plan de Manejo Ambiental**

<b>MEDIO ABIOTICO</b>		
<b>PROGRAMA</b>	<b>FICHA</b>	<b>CODIGO DE LA FICHA</b>
MANEJO DEL SUELO	Manejo y disposición temporal de materiales de excavación	P-MA-01
	Manejo de taludes	P-MA-02
	Manejo paisajístico	P-MA-03
	Manejo de materiales de construcción	P-MA-04
	Manejo de residuos sólidos y especiales	P-MA-05
	Manejo de residuos líquidos	P-MA-06
	Manejo de escorrentía	P-MA-07
	Manejo y uso de vías	P-MA-08
	Señalización	P-MA-09
MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO	Manejo de cruces de cuerpos de agua superficial	P-MA-10
	Manejo y uso eficiente del agua	P-MA-11
	Manejo de la captación de agua superficial	P-MA-12
MANEJO DEL RECURSO AIRE	Manejo de fuentes de emisiones y ruido	P-MA-13
<b>MEDIO BIOTICO</b>		
<b>PROGRAMA</b>	<b>FICHA</b>	<b>COD DE LA FICHA</b>
MANEJO DEL MEDIO BIÓTICO	Manejo de remoción de cobertura vegetal y descapote	P-MB-01
	Manejo del aprovechamiento forestal	P-MB-02
	Protección y conservación de hábitats	P-MB-03
	Revegetalización de áreas intervenidas	P-MB-04
	Manejo de fauna	P-MB-05

MANEJO DE FLORA VASCULAR Y NO VASCULAR	Rescate, traslado y reubicación de especies de flora en veda	P-MB-06
	Recuperación, Rehabilitación o Restauración Ecológica	P-MB-07
MEDIO SOCIOECONOMICO		
PROGRAMA	FICHA	COD DE LA FICHA
GESTIÓN SOCIAL	Capacitación al personal vinculado al proyecto	P-SE-01
	Información y participación comunitaria	P-SE-02
	Apoyo a la capacidad de gestión comunitaria	P-SE-03
	Capacitación y concientización a la comunidad aledaña al proyecto	P-SE-04
	Protección de infraestructura social	P-SE-05
	Atención a la comunidad	P-SE-06

Fuente: Valoración Económica Ambiental S.A.S., para Transportadora de Gas Internacional S.A. E.S.P.

### 0.9 Plan de seguimiento y monitoreo del proyecto

Los programas de seguimiento y monitoreo para los medios abiótico, biótico y socioeconómico se encuentran orientados a evaluar la efectividad de las medidas de manejo formuladas para la atención de los impactos del proyecto y con el fin de tener las herramientas suficientes y necesarias para determinar de manera oportuna los ajustes que deban implementarse a los manejos previstos, acorde con los resultados obtenidos.

Este plan al mismo tiempo permite identificar potenciales oportunidades de mejora en el desarrollo del proyecto. De esta manera, en cada una de las fichas propuestas, se relacionan las actividades a llevar a cabo durante las diferentes etapas del proyecto, los objetivos y metas, así mismo los indicadores establecidos para el respectivo control.

A continuación, en la tabla 0-3 se presentan los programas propuestos para el seguimiento y monitoreo de la ejecución del cruce subfluvial.

**Tabla 0-3 Programas de seguimiento al manejo ambiental**

MEDIO	PROGRAMA	CÓDIGO DE LA FICHA
ABIÓTICO	Manejo del suelo	PSM-MA-01
	Manejo de residuos sólidos, líquidos y especiales	PSM-MA-02
	Manejo del recurso hídrico	PSM-MA-03
	Manejo del recurso aire	PSM-MA-04
BIÓTICO	Manejo del medio biótico	PSM-MB-01
	Manejo de flora vascular y no vascular	PSM-MB-02
SOCIOECONOMICO	Gestión social	PSM-SE-01

Fuente: Valoración Económica Ambiental S.A.S., para Transportadora de Gas Internacional S.A. E.S.P.

En términos generales, este seguimiento y/o monitoreo se efectúa mediante la medición de parámetros ambientales, el cálculo de indicadores y el desarrollo de análisis que interpreten los resultados obtenidos durante el monitoreo.

Por lo anterior, se presenta la propuesta de un sistema de indicadores que permite monitorear los factores impactados y tener una visión de la calidad del medio y su comportamiento o tendencia. La

construcción de este sistema de indicadores considera la caracterización ambiental de los componentes de cada medio y el cumplimiento de la normativa ambiental vigente.

En este sentido, el seguimiento y monitoreo a la calidad del medio se encuentra compuesto por 5 programas, 3 asociados al medio abiótico, 1 asociado al medio biótico y uno al medio socioeconómico.

**Tabla 0-4 Programas de seguimiento y monitoreo a la calidad del medio**

PROGRAMA	CODIGO DE LA FICHA
Seguimiento a la calidad del recurso suelo	PSCM-MA-01
Seguimiento a la calidad del recurso hídrico	PSCM-MA-02
Seguimiento a la calidad del recurso aire	PSCM-MA-03
Seguimiento a la calidad del medio biótico	PSCM-MB-01
Seguimiento a la calidad del medio socioeconómico	PSCM-SE-01

Fuente: Valoración Económica Ambiental S.A.S., para Transportadora de Gas Internacional S.A. E.S.P.

### 0.10 Plan de gestión del riesgo

El conocimiento del riesgo consideró el análisis de los escenarios de riesgo que el entorno puede generar sobre la infraestructura que hace parte de una actividad puntual, relacionada con el cruce subfluvial, así como aquellos escenarios de riesgo que la infraestructura, operación y actividades del proyecto puedan llegar a generar sobre el entorno.

En el primer caso, la valoración del riesgo se realizó mediante la aplicación de una metodología semi-cualitativa; para los escenarios en el segundo caso, se consideraron dos enfoques metodológicos, i) semi-cuantitativo, enfocado en las actividades de construcción y mantenimiento; ii) cuantitativo, dado que la operación del proyecto contempla el transporte de sustancias químicas consideradas como peligrosas. Los resultados de los enfoques metodológicos se presentan a continuación:

La estimación del riesgo se define con base en la evaluación de la vulnerabilidad (bien sea del entorno o de la infraestructura del proyecto a analizar) y la magnitud de las consecuencias que la materialización de un evento amenazante podría llegar a generar (pueden ser naturales, sociales, tecnológicos, entre otros), bien sea que estos se analicen desde el entorno hacia la actividad o viceversa.

Para los escenarios de riesgo que el desarrollo de las actividades del proyecto pudiese originar sobre el entorno se consideraron dos enfoques metodológicos, i) semi-cuantitativo, enfocado en las actividades de construcción y mantenimiento; ii) cuantitativo, dado que la operación del proyecto contempla el transporte de sustancias químicas consideradas como peligrosas. Los resultados de los enfoques metodológicos se presentan a continuación:

#### 0.10.1 Semi-cuantitativo

Se procedió a determinar el nivel de riesgo asociado a cada una de las actividades a desarrollar en las diferentes etapas del proyecto, empleando una matriz que involucra las variables evaluadas. El nivel de riesgo definido para cada uno de los escenarios evaluados fue determinado según el aspecto sobre el cual se indicó o relacionó el mayor nivel de vulnerabilidad, en este sentido, el cruce entre el nivel de

la amenaza y el nivel de vulnerabilidad permitió establecer el nivel de riesgo para cada uno de los eventos de riesgo definidos.

Los eventos amenazantes de deslizamiento del material excavado o descapotado y desestabilización del talud del río, desbordamiento de lodos de perforación de las piscinas y derrame de lodos así como accidentes ocupacionales, que pueden llegar a generarse durante las actividades de desmonte o remoción de cobertura vegetal, descapote, excavación de la zanja o fosa y movimientos de tierra, la perforación horizontal dirigida (piloto y ensanchamientos sucesivos), representan los altos niveles de riesgo, esto debido a las actuales condiciones del área del proyecto, en donde actualmente existen procesos de socavación y erosión activos. Por lo cual la materialización de dichos escenarios de riesgo supone una posible afectación al ambiente, así como altas pérdidas económicas y altos tiempos respecto a la capacidad de recuperación.

#### 0.10.2 Metodología cuantitativa

Para la aplicación metodológica cuantitativa, se establecieron los corredores de protección y afectación, definidos por la envolvente resultante de trazar circunferencias con centro en cada equipo involucrado en el análisis de riesgo, para este caso puntual, la sección de tubería a reemplazar.

Conforme la modelación realizada, se observa para el nivel de riesgo que la mayoría del área evaluada (97,78%) contaría con un riesgo ambiental muy bajo y sólo un pequeño porcentaje presenta niveles muy altos y altos (0,16% y 0,04% respectivamente). La presencia de estos últimos niveles se presenta sobre el bosque de galería y/o ripario, donde se intersecan la mayor cantidad de áreas de afectación para cada suceso final y, donde, además, existen especies de fauna.

En lo que respecta al medio socioeconómico, la mayoría del área presenta un riesgo socioeconómico muy bajo (92,13%) y que tan sólo el 0,41% y 0,06% del área obtiene un riesgo muy alto y alto, respectivamente, los cuales se encuentran en donde se intersecan la mayor cantidad de áreas de afectación para cada suceso final.

Frente al riesgo individual, de acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de riesgo, es posible identificar que el cruce subfluvial del río Guayuriba no representa un nivel de riesgo alto. Así mismo fue posible identificar que el mayor nivel de riesgo que genera el tramo del gasoducto (riesgo medio) no afectaría ninguna vivienda.

Finalmente, para el riesgo social, con base a los datos de frecuencias de ocurrencia de los sucesos finales y del número de fatalidades calculadas para cada uno de ellos, se construyó una gráfica logarítmica, teniendo en cuenta los criterios de límites de riesgo social no tolerable y tolerable del Marco de Referencia para Valoración de Riesgos (Universidad de los Andes, 2013). Siendo así, el número de fatalidades que podría generar el tramo del gasoducto en el cruce subfluvial del río Guayuriba se encuentra en los límites aceptables, debido a que el riesgo de materialización de los sucesos finales es bajo.

Se consideran medidas de reducción del riesgo, tales como medidas estructurales, las cuales consisten en obras de ingeniería para la prevención de riesgos factibles y la mitigación de riesgos ya existentes. También, se consideran medidas no estructurales que buscan reducir la vulnerabilidad del sistema

expuesto a través de medidas legislativas u organizativas que en combinación con las medidas estructurales permiten mitigar el riesgo de una manera efectiva e Integral.

Teniendo en cuenta que el cruce subfluvial del río Guayuriba es una infraestructura nueva y que no se plantean cambios del proceso diferente al transporte de gas natural, las medidas prospectivas de reducción del riesgo se basan principalmente en la socialización del presente plan y el proceso de educación ambiental relacionada con la gestión del riesgo de desastres, con las comunidades dentro de las áreas de afectación de la tubería.

Adicionalmente se deben realizar simulacros que permitan relacionar y hacer partícipes del plan al CMGRD de los actores que influyen en el área de influencia del proyecto, así, como sus entidades de ayuda. Sin embargo, en aras de reforzar la gestión del riesgo y propender por la prevención de las posibles contingencias a las que pueda haber lugar, durante la construcción y operación del proyecto se contemplan actividades como: Inspecciones de derecho de vía, Monitoreo de sensores de deformación y monitoreos de la geo-amenaza a partir de corridas de mapeo inercial.

#### 0.11 Plan de abandono y restauración final

El plan de abandono y restauración final incluye una propuesta de uso final del suelo en armonía con el área intervenida, contemplando medidas de manejo y reconfiguración paisajística que propenden por garantizar estabilidad y restablecimiento de la cobertura vegetal. Este plan incluye una estrategia de información a las comunidades y autoridades del área de influencia sobre la finalización del proyecto.

El plan de abandono se enfocará a la revegetalización de áreas intervenidas, reconfiguración morfológica, desmantelamiento de obras civiles y retiro de maquinaria y equipos e incluye el seguimiento y monitoreo de tales actividades.

Para el caso de la tubería (actualmente en operación) que se pretende reponer con la construcción de este cruce subfluvial, en cada uno de los extremos, se deberá soldar un Cap SCH STD, aplicando el procedimiento de soldadura aprobado para la construcción y realizando las pruebas de calidad que se requiera. En uno de los extremos se sondeará una facilidad que permita el venteo para el llenado del tramo de tubería y en el otro una que permita la inyección del llenante.

Se utilizará un gas inerte para todos los trabajos de inertización. El volumen del gas a utilizar se calculará basado en la longitud y el diámetro de la tubería, el cual deberá verificarse con el proveedor de los cilindros la presión y volumen reales, los cuales dependerán de los tramos definidos por el ejecutor de la obra.

El inicio de la tubería debe contar con una conexión que permita realizar el acople de los cilindros de gas inerte. Una vez conectados se da inicio para el proceso de inertización. Para ello se debe abrir la válvula de venteo para despresurizar el tramo a dejar fuera de servicio. Luego se inicia la introducción de gas inerte lentamente para lograr la expulsión del gas contenido en el tramo de tubería por la válvula de venteo.

Durante este proceso se debe evaluar el gas de descarga con un explosímetro hasta la lectura indique un cero por ciento constante de gas natural, punto en el cual se considerará que el purgado se ha completado; en este momento se cierra la válvula del cilindro de gas inerte y la válvula de venteo.

## 0.12 Inversión del 1%

Dentro de las actividades a realizar como parte del Cruce subfluvial del río Guayuriba, el cual será desarrollado a través del método de Perforación Horizontal Dirigida -PHD-, es necesario el aprovechamiento de recursos naturales, entre ellos, el uso de agua superficial. Esta, será destinada para uso industrial y podrá suplir la demanda del recurso para las actividades de i) perforación horizontal dirigida, ii) fabricación de concretos, iii) humectación de vías y iv) prueba hidrostática o neumática, todas a desarrollar durante la etapa de construcción.

Teniendo en cuenta lo anterior y en cumplimiento a lo establecido en el Artículo 43 de la Ley 99 de 1993 y en el Decreto 2099 de 2016 "Por el cual se modifica el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con la "Inversión Forzosa por la utilización del agua tomada directamente de fuentes naturales"", el presente documento contiene la propuesta del Plan de Inversión Ambiental del 1% para el Cruce subfluvial del río Guayuriba.

Siendo así, se ha propuesto la Adquisición predios en áreas o ecosistemas interés estratégico para la conservación de los recursos naturales, cuyo objetivo corresponde a Favorecer la recuperación de las zonas de recarga hídrica de la subzona hidrográfica del Río Guayuriba mediante la adquisición de predios y aislamiento de estos con el fin de evitar el avance de los factores de presión y deterioro sobre el área seleccionada; y Acciones de protección, conservación y preservación incluyendo proyectos de uso sostenible, propendiendo por Plantear y ejecutar programas para la reducción del impacto ambiental generado por la pérdida de la cobertura vegetal protectora del recurso hídrico, a través de la restauración y conservación de ecosistemas prioritarios, mediante la implementación de Programas de Conservación y Restauración ambiental vinculando los bienes y servicios ecosistémicos con el fin de mitigar y reducir la pérdida de biodiversidad y su función ecológica.

## 0.13 Plan de compensación del medio biótico

Las compensaciones ambientales son un instrumento fundamental para asegurar que los impactos residuales ocasionados por proyectos de desarrollo puedan ser subsanados mediante la implementación de acciones de restauración, enriquecimiento o conservación de ecosistemas equivalentes a los afectados

La compensación del componente biótico para el Cruce subfluvial del río Guayuriba, se definió con base en los criterios establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico, el cual establece los lineamientos técnicos y el procedimiento necesario para la asignación de compensaciones para el medio biótico (fauna, flora, cobertura vegetal y contexto paisajístico), permitiendo a los generadores de impactos sobre la biodiversidad de ecosistemas naturales terrestres continentales, por la ejecución de proyectos obras y actividades en el marco de las licencias ambientales, identificar dónde, cuánto y como compensar. De esta manera, el área a compensar se determina por medio de la aplicación de un factor total de compensación que se define en cuatro criterios: i) representatividad del ecosistema en el sistema nacional de áreas protegidas, ii) rareza, iii) remanencia y su iv) tasa de transformación anual.

Con base en las variables mencionadas anteriormente y la clasificación de los ecosistemas que se traslapan con el área de intervención del proyecto, se determinaron los factores totales de compensación para los ecosistemas naturales y las zonas transformadas bajo un factor de compensación de 1:1, a partir de la sumatoria de los factores de compensación individuales (Tabla 0-5).

**Tabla 0-5 Factores de compensación por unidad ecosistémica en el área de modificación del proyecto.**

BIOMA	REPRESENTATIVIDAD	RAREZA	REMANENCIA	POTENCIAL DE TRANSFORMACIÓN	FACTOR DE COMPENSACIÓN
Zonobioma Húmedo Tropical Piedemonte Orinoquia	2,5	1,5	3	1,75	8,75
Ecosistemas transformados	0,25	0,25	0,25	0,25	1

Fuente: Valoración Económica Ambiental S.A.S., para Transportadora de Gas Internacional S.A. E.S.P.

De esta manera, la definición de cuanto compensar se realizó tomando como referencia las áreas objeto de intervención por ecosistema y los factores de compensación relacionados según su estado de ecosistema natural (Bosque de galería del Zonobioma Húmedo Tropical Piedemonte Orinoquia) o transformado, para un área total a compensar de 12,45 ha, relacionadas en la Tabla 0-6.

**Tabla 0-6 Ecosistemas objeto de compensación**

Ecosistema a compensar	Área (ha)	FC	Área a compensar (ha)
Bosque de galería y/o ripario del Zonobioma Húmedo Tropical Piedemonte Orinoquia	0,81	8,75	7,13
Bosque fragmentado del Zonobioma Húmedo Tropical Piedemonte Orinoquia	0,20	8,75	1,71
Pastos arbolados del Zonobioma Húmedo Tropical Piedemonte Orinoquia	1,76	1	1,76
Pastos enmalezados del Zonobioma Húmedo Tropical Piedemonte Orinoquia	1,85	1	1,85
<b>Total general</b>	<b>4,62</b>	<b>-</b>	<b>12,45</b>

Fuente: Valoración Económica Ambiental S.A.S., para Transportadora de Gas Internacional S.A. E.S.P.

Para la determinación final de las áreas para la ejecución de la compensación, además de tomar como referencia la presencia de ecosistemas sensibles a nivel nacional, también se consideraron los requisitos mínimos establecidos por el Manual de compensaciones del componente biótico (MADS, 2018), de tal manera que las 12,45 ha necesarias a compensar se encuentran localizadas en i) Ecosistemas equivalentes a los afectados, incluyendo en este caso, acciones en áreas que aunque en el momento actual pueden estar en ecosistemas transformados (pastos arbolados del Zonobioma Húmedo Tropical Piedemonte Orinoquia) se llevarán a la conformación el ecosistema natural intervenido (Bosque de galería y/o ripario del Zonobioma Húmedo Tropical Piedemonte Orinoquia), toda vez que, este constituye el ecosistema original previo a la intervención.

Igualmente, las áreas seleccionadas para compensación son equivalentes en tamaño o área a compensar del fragmento de ecosistema impactado, de tal manera que, se cumple con la extensión aplicable según el factor de compensación descrito en el numeral anterior. Así mismo, las áreas para compensación presentan una condición igual o mayor al fragmento del ecosistema impactado, aportando a nivel regional a la recuperación de hábitats naturales y al desarrollo de áreas núcleo para

la fauna, teniendo en cuenta que, las acciones plantean el aumento de los tamaños de fragmento y el mejoramiento de las condiciones estructurales de fragmentos remanentes.

Para definir cómo compensar se deben tener en cuenta cuatro (4) componentes que buscan garantizar la permanencia y legalidad de las acciones. Estos componentes son: las acciones, los modos, los mecanismos de implementación y administración del plan de compensación, y las formas de presentación e implementación de las compensaciones.

Dentro de las acciones de compensación el Manual considera tres alternativas: la preservación, la restauración en sus diferentes enfoques y el uso sostenible de la biodiversidad. Los modos hacen referencia a las alternativas de manejo que permiten la implementación de acciones de compensación en las áreas definidas, y se caracterizan por tener instrumentos legales particulares que permitan su implementación y aseguran la permanencia y sostenibilidad de las compensaciones.

Los mecanismos de implementación y administración están orientados a identificar si las acciones de compensación serán realizadas por el usuario o a través de operadores, mediante la constitución de encargos fiduciarios en convenio/contrato con ONG's, comunidades organizadas, universidades, institutos, fondos públicos o privados; bancos de hábitat, bosques de paz u otros.

Para el caso particular del presente plan de compensación, el planteamiento definido busca generar estrategias de compensación mixtas que permitan la restauración ecológica de los remanentes naturales existentes y la rehabilitación. Lo anterior, con el fin de garantizar la efectividad y viabilidad de las actividades planteadas, como mecanismo que permita no sólo cumplir la medida compensatoria en términos ecológicos, sino que también provea beneficios a la población localizada en la región y quienes finalmente, permiten la ejecución de dichas actividades mediante acuerdos de conservación.