



REQUERIMIENTOS TÉCNICOS FASE I

ESTUDIOS VARIANTES CARRETERA TUMACO PEDREGAL, DEPARTAMENTO NARIÑO

Bogotá julio 2021

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	3
ALCANCE TÉCNICO DE LA CONSULTORÍA	4
VOLUMEN I ESTUDIO DE TRANSPORTE.....	4
VOLUMEN II. IDENTIFICACION DE ALTERNATIVAS DESDE EL PUNTO DE VISTAGEOMÉTRICO.....	7
VOLUMEN III. ESTUDIO DE GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA REGIONAL	14
VOLUMEN IV. ESTUDIO DE GEOTECNIA.....	17
VOLUMEN V ESTUDIO DE HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA	18
VOLUMEN VI. ESTUDIO DE ESTRUCTURAS	24
VOLUMEN VII. ESTUDIO COMPONENTES AMBIENTAL Y SOCIAL	26
VOLUMEN VIII. AREAS DE AFECTACION PREDIAL	37
VOLUMEN IX. ESTUDIO DE ANÁLISIS DE RIESGOS Y SOSTENIBILIDAD	41
VOLUMEN X. ESTIMACION DE COSTOS Y EVALUACION ECONOMICA	57
VOLUMEN XI. EVALUACIÓN TÉCNICA, AMBIENTAL, SOCIO ECONÓMICA, FINANCIERA Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVA.	63
VOLUMEN XIII. INFORME FINAL EJECUTIVO	65

INTRODUCCIÓN

En este documento se describe de una manera ordenada la forma en que el consultor debe desarrollar los estudios, de tal forma que los productos elaborados por el Consultor y aprobados por la Interventoría, viabilicen la solución ingenieril construible, más adecuada y viable para esta conexión, de acuerdo al objeto contractual y al alcance de cada volumen descrito en el documento Anexo Técnico del presente Concurso de Méritos, cumpliendo con las especificaciones, normatividad vigente y niveles de servicio requeridos por la entidad.

Estos “REQUERIMIENTOS TECNICOS” son una guía básica que el consultor deberá seguir sin perjuicio de poder aportar más al objetivo de seleccionar la mejor alternativa y obtener unos estudios óptimos y claros que le permitan al INVIAS continuar con etapas posteriores de estudios y diseños.

El Consultor, con la aprobación de la Interventoría, podrá ajustar el contenido y desarrollo de los volúmenes y/o entregables que hacen parte de estos estudios, a los presentes requerimientos técnicos, siempre y cuando cumpla con el objeto contractual y el alcance definido para cada volumen en el Anexo Técnico.

Adicionalmente, en el desarrollo del contrato se debe cumplir con la normatividad ambiental vigente, los manuales de diseño, normas de ensayo y auscultación, y especificaciones generales de construcción de carreteras vigentes al momento del Concurso de Méritos, demás normatividad, Anexo Técnico y actividades descritas en el presente documento.

ALCANCE TÉCNICO DE LA CONSULTORÍA

VOLUMEN I ESTUDIO DE TRANSPORTE

El Informe de FASE I del Estudio de Transporte, que incluye particularmente los aspectos referentes a estimación del TPD actual y proyectado, así como la estimación de la capacidad y niveles de servicio, para el caso de una vía nueva, de manera general debe considerar como mínimo los siguientes capítulos:

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES

CAPITULO 2. INFORMACIÓN

CAPITULO 3. PROYECCIONES DE TRÁNSITO

CAPITULO 4. ESTIMACIÓN DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANEXOS

CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES

OBJETIVOS

El objetivo de este estudio es la obtención de los datos de viajes generados por las actividades productivas locales, regionales o nacionales que utilizarán el futuro corredor para los desplazamientos y transformarlos a tránsito proyectado, para poder definir el tipo de proyecto a estructurar y adoptar los parámetros de estudio geométrico, en especial la sección transversal a utilizar

De manera puntual la metodología obtendrá los datos necesarios para:

- Definir el tipo de proyecto y facilitar la adopción de los parámetros de diseño geométrico.
- Efectuar los estimativos de TPD actual y proyectado, y de la capacidad y niveles de servicio.
- Analizar el comportamiento del peatón y recomendar posibles soluciones seguras para su movilidad.

Para un proyecto nuevo es necesario estudiar la red del sistema de transporte de la región o zona en que se adelantará el proyecto. Se elaborarán los inventarios de la red con información secundaria, con el fin de determinar las actuales posibilidades de comunicación entre los sitios en estudio y proyectar el comportamiento de los flujos de transporte frente a una nueva alternativa de comunicación, de igual manera con el fin de comparar distancias, costos y tiempos de viaje como parámetros de evaluación de los beneficios de la nueva opción de comunicación. Se hará énfasis en la interconectividad adicional que se puede conseguir con el nuevo proyecto.

ALCANCE

El alcance esencial de este Estudio de Transporte es la estimación del Tránsito Promedio Diario mediante información secundaria existente del INVIAS, de proyectos similares, información de campo, de las matrices origen destino de viajes y otros datos de tránsito de tal manera que se puedan establecer las proyecciones del mismo. El consultor deberá definir la Metodología del Estudio, en donde se detallará la información secundaria y primaria con que se realizará el estudio.

El consultor deberá analizar las variables de flujo peatonal a partir de información secundaria dentro de las alternativas propuestas con el fin de detectar las posibles falencias del sistema peatonal. Así mismo el consultor deberá realizar recomendaciones para posteriores fases, como por ejemplo la generación de ciclorrutas.

CAPITULO 2. INFORMACIÓN

En proyectos de Fase I-Prefactibilidad se trabajará con base en la información secundaria obtenida en la recolección de Encuestas Origen Destino, aforos existentes del INVÍAS, inventarios viales, estudios de la zona de influencia y proyectos de características similares. Toda la información deberá ser estudiada y avalada de común acuerdo con la Interventoría del contrato.

Toda la información secundaria que se obtenga será analizada, revisada y ajustada antes de ser utilizada por el Consultor.

El informe presentado será correctamente referenciado y en los casos necesarios se obtendrán las autorizaciones correspondientes para poder utilizar la información. El documento correspondiente a la información secundaria deberá ser estudiado y avalado de común acuerdo con la Interventoría.

CAPITULO 3. PROYECCIONES DE TRÁNSITO

Para un proyecto nuevo, el análisis requiere tener la matriz origen-destino de viajes de la red vial de la zona de influencia del proyecto, en donde se incluirá el nuevo corredor, posteriormente se asignan estos viajes para estimar la demanda de tránsito del corredor en estudio. La cuantificación del volumen del tránsito será discriminada en sus clasificaciones y flujos más significativos e importantes, lo que permitirá obtener el valor del Tránsito Promedio Diario –TPD.

Para poder proyectar el tránsito se debe definir las tasas de crecimiento a utilizar partiendo del comportamiento de las series históricas de conteos del INVÍAS en carreteras existentes en la zona de influencia del proyecto en estudio, en comparación con otros indicadores económicos de crecimiento, como son el crecimiento poblacional, crecimiento del parque automotor y/o del producto interno bruto, nacional y regional.

CAPITULO 4. ESTIMACIÓN DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

Con base en los resultados de la estimación del tránsito y considerando los parámetros definidos en el manual de diseño geométrico del INVÍAS, así como otras condiciones, se procederá a efectuar una estimación de la capacidad de cada una de las alternativas de la vía nueva proyectada. La estimación de la capacidad vial y la determinación de los niveles de servicio deberán realizarse para cada una de las alternativas de la vía a estudiar, para que permita su posterior comparación y jerarquización.

En cuanto al análisis peatonal deberá identificar los posibles conflictos generados en cuanto al comportamiento de los peatones con la alternativa seleccionada. Así mismo, el consultor deberá proponer posibles soluciones seguras que garanticen la movilidad de los peatones y a su vez las recomendaciones para el desarrollo de dichas propuestas en posteriores fases.

CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio deberá suministrar resultados y recomendaciones que permitan determinar la demanda de transporte de la zona de estudio y las características geométricas del proyecto, en tal forma que se prevea un volumen de servicio correspondiente al nivel de servicio elegido para el proyecto durante su vida útil.

El conjunto de los estudios de transporte será un insumo fundamental para la actuación de otros especialistas indispensables en los estudios y diseños requeridos para un proyecto vial. Sus resultados y recomendaciones permitirán la verificación o el ajuste de las características geométricas dispuestas para el proyecto, de manera que garanticen teóricamente la administración de un volumen de tránsito que corresponda al nivel de servicio elegido para el proyecto.

ANEXOS

Toda la información secundaria que haya sido utilizada para el desarrollo del Estudio de Transporte será organizada en medio digital y se catalogará de tal forma que se facilite su consulta, tanto por parte del Interventor y del INVÍAS, como por cualquier otra persona que en el presente o en el futuro se encuentre interesada en acceder a esa información.

VOLUMEN II. IDENTIFICACION DE ALTERNATIVAS DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOMÉTRICO.

En este volumen se deben considerar como mínimo los siguientes capítulos:

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES

CAPITULO 2. CARTOGRAFÍA

CAPITULO 3. CRITERIOS DE DISEÑO

CAPITULO 4. TRAZADO DE LOS CORREDORES DE RUTA

CAPITULO 5. DESCRIPCIÓN DE LOS CORREDORES ESTUDIADOS

CAPITULO 6. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

CAPITULO 7. ALTERNATIVA RECOMENDADA CAPITULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
ANEXOS

CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES

OBJETIVO

El estudio de identificación de alternativas desde el punto de vista geométrico consistirá en la definición de corredores de ruta posibles, teniendo en cuenta las características del terreno y las condiciones que se espera tener en cuanto a: capacidad y velocidades de operación. Estos deberán ser definidos integrando la geología, geotecnia, los aspectos ambientales y la definición de las obras principales necesarias para garantizar las condiciones de estabilidad, ambientales y económicas del corredor.

ALCANCES

Con la utilización de cartografía a escala 1:25.000 o si es posible 1:10.000, el consultor deberá seleccionar corredores de ruta, que cumplan con las características deseadas, integrando los estudios geológicos, geotécnicos, hidrológicos y ambientales acordes con la escala utilizada. El consultor podrá definir todas las alternativas posibles que considere convenientes, las cuales se evaluarán desde el punto de vista geológico, geométrico, ambiental y económico y de cuyo resultado se tendrá como mínimo dos (2) alternativas de corredores de ruta.

Con la utilización de la cartografía obtenida, el consultor realizará para cada corredor seleccionado, el trazado de la línea de ceros cumpliendo con la pendiente máxima e integrando los estudios geológicos, geotécnicos, hidrológicos y ambientales acordes a la escala de trabajo.

El trazado de la rasante será un proceso iterativo de modificación, en función de las características geométricas deseadas y las recomendaciones de las diferentes áreas del proyecto, hasta llegar a un planteamiento que cumpla con todos los requerimientos de estabilidad, geometría y evaluación ambiental.

El consultor deberá realizar la identificación de sitios potencialmente inestables sobre los corredores establecidos, que puedan condicionar el trazado del mismo y la utilización de obras especiales.

El consultor identificará y planteará los corredores de ruta posibles, realizará el prediseño aproximado de la carretera a lo largo de cada corredor y, recurriendo a costos obtenidos en proyectos con condiciones similares, realizará la evaluación económica preliminar para finalmente seleccionar el corredor que será recomendado.

Para la evaluación de alternativas, el consultor podrá apoyarse en la utilización de aplicativos y/o modelos y/o software y/o herramientas de análisis y planificación para la generación y optimización de proyectos viales, los cuales permitan la obtención de información de salida requerida para esta etapa de Prefactibilidad, acorde a la particularidad y necesidades del proyecto y requerimientos exigidos por la autoridad ambiental.

CAPÍTULO 2. CARTOGRAFIA

De acuerdo con las necesidades del proyecto se podrá utilizar cartografía digital de cualquier fuente, siempre y cuando se garantice para la selección de corredores una precisión mínima de 1:25.000 o de ser posible escala 1:10.000, de acuerdo a la información secundaria existente y necesidades particulares de los estudios.

Preferiblemente se deberá trabajar sobre una imagen satelital restituída con el fin que sirva como base a todas las especialidades, como son los aspectos de diseño geométrico, geología, geotecnia, hidrológica e hidráulica, evaluación ambiental entre otros.

Las imágenes podrán ser de cualquier tipo existentes en archivo lo más recientes posibles que tengan la posibilidad de obtener el Modelo de Elevación Digital (DTM). Se podrá combinar dos tipos de imágenes con el fin de obtener los productos deseados a las escalas requeridas.

CAPITULO 3. CRITERIOS DE DISEÑO

Teniendo en cuenta lo especificado en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras y con el buen criterio del consultor, se deberá realizar la conceptualización del proyecto, definiendo los criterios y objetivos a buscar, las características deseadas, los condicionantes propios del proyecto, las amenazas, la interacción con las otras especialidades, el trazado de las alternativas, los lineamientos de sostenibilidad y el análisis de riesgos, entre otros, con el fin de que se establezca con anterioridad hacia dónde debe ir el proyecto y la carretera que se espera obtener.

A partir de la conceptualización del proyecto se deberán plantear las premisas que deben cumplir las alternativas de los corredores planteados.

Se deberán establecer las características geométricas de cada corredor, como son:

- Velocidad de diseño (asumir la pendiente máxima permitida asociada a esta velocidad de diseño).
- Radios mínimos.
- Ancho de calzada.
- Anchos de bermas.
- Ancho del separador.
- Pendiente máxima y mínima.

CAPITULO 4. TRAZADO DE LOS CORREDORES DE RUTA

Con base en la información cartográfica, en cada corredor se deberá clasificar el terreno en plano, ondulado, montañoso o escarpado dependiendo de la pendiente transversal y definir tramos homogéneos por tipo de terreno.

Realizar el estudio y trazado de la rasante de todos los posibles corredores de ruta en cartografía a escala 1:25.000 o mayor, cumpliendo con las características deseadas, integrando las demás áreas en estudio.

Se deberá realizar el trazado la rasante, cumpliendo con lo establecido en el Manual de Diseño Geométrico del INVIAS vigente en la fecha de realización de los estudios y los criterios y premisas establecidas en el capítulo anterior.

En trazados de terreno montañoso y escarpado se deberá tener especial cuidado con el alineamiento vertical, buscando que no se establezcan pendientes fuertes en longitudes prolongadas ya que esto será un limitante directo de la velocidad del proyecto. Dada la escala a la que se realizará el trazado de las alternativas, el Consultor deberá establecer la pendiente longitudinal de trabajo, de tal manera que en el momento en que se realice el diseño detallado en la siguiente fase, se puedan obtener alineamientos verticales con pendientes compensadas que no excedan las pendientes límite para la velocidad de diseño adoptada. El Consultor deberá programar el trazado de la línea de pendiente teniendo en cuenta el concepto de pendiente crítica para el vehículo de diseño, establecido en el Manual de Diseño Geométrico del INVIAS vigente a la fecha de realización de los estudios.

Las obras principales identificadas producto del trazado de las líneas de pendiente o línea guía, deberán ser analizadas desde el punto de vista de estabilidad del corredor, conveniencia económica, sostenibilidad, análisis de riesgos, jerarquía e importancia de la carretera teniendo como premisa un horizonte mínimo de 20 años.

CAPITULO 5. DESCRIPCION DE LOS CORREDORES ESTUDIADOS

Para cada uno de los corredores de ruta determinados, con base en el resultado del trazado de la línea de ceros o línea guía, se consignarán sus características geométricas y demás que se consideren pertinentes, identificando ventajas y desventajas, zonas por las que cruza y características especiales que deban ser tenidas en cuenta por otras áreas del estudio.

El Consultor realizará una descripción detallada de cada uno de los corredores viales estudiados sobre la cartografía 1:25.000 o 1:10.000, incluyendo los aspectos relevantes que los identifiquen y que los diferencian. La descripción de cada corredor debe ir apoyada de un control de campo.

En la descripción de cada tramo se deberán incluir aspectos tales, tipo de terreno, longitud, pendiente longitudinal, velocidad de estudio preliminar, estimación de obras mayores (puentes, viaductos, túneles, entre otras), zonas inestables, aspectos ambientales, geológicos, entre otros.

OBRAS PRINCIPALES

Se establecerán las obras principales, su número, longitud preliminar y el movimiento de tierras que requiere cada una de los corredores de ruta estudiados.

CAPITULO 6. ANALISIS DE ALTERNATIVAS

En el análisis de alternativas no se deberá sesgar el resultado: por ejemplo a la que tenga el menor número de obras o a la que tenga el túnel más corto, posiblemente un incremento en la longitud de un túnel principal aumente el costo directo de la obra, pero puede redundar en mayores beneficios económicos, de estabilidad y de vida del proyecto. De la misma manera un túnel de mayor longitud puede disminuir una longitud importante de construcción de vía así como un gran número obras importantes, lo que en cierta medida podría compensar los costos.

Cada una de las alternativas deberá ser evaluada no solo como el costo directo de la obra sino también los costos de mantenimiento a lo largo de un periodo de tiempo y los beneficios obtenidos tanto en costos de operación como en relación beneficio costo.

Por lo anterior es de vital importancia que se realice un análisis económico detallado de cada alternativa con el fin de que se pueda concluir de una forma acertada la alternativa económicamente más viable.

Definidas las posibles soluciones, se recomendará aquella o aquellas que ofrezcan las mejores condiciones técnicas y que cumplan con todas las premisas establecidas.

El análisis de cada corredor vial deberá contener los siguientes elementos:

- a. Velocidad de diseño preliminar.
- b. Pendiente longitudinal.
- c. Sección transversal.
- d. Longitud.
- e. Aspectos topográficos (tipo de terreno, sectorización, pendiente, transversal, entre otros).
- f. Aspectos geométricos (sectorización, radios mínimos, visibilidad, entre otros).
- g. Obras principales.
- h. Aspectos geológicos y geotécnicos relevantes asociados con la estabilidad del trazado.
- i. Aspectos ambientales relevantes del trazado.
- j. Zonas Inestables y/o puntos críticos.
- k. Cantidades de obra estimadas.
- l. Evaluación económica preliminar basada en las cantidades de obra preliminares y los precios de mercado.

Con base en los aspectos descritos anteriormente, el consultor deberá plantear una matriz de evaluación de corredores de ruta, desde el punto de vista del Trazado y Diseño Geométrico, cuyo resultado pueda integrarse a una matriz general de evaluación de todas las áreas del proyecto con la que se pueda llegar a la determinación de los corredores de ruta más convenientes.

CAPITULO 7. ALTERNATIVA RECOMENDADA

La alternativa recomendada, será el resultado de la evaluación interdisciplinaria, de todas las áreas de estudio de los diferentes corredores de ruta estudiados. El consultor deberá analizar y presentar las ventajas y desventajas del corredor o corredores de ruta seleccionada e incluir las posibles limitaciones que éste o estas puedan tener desde el punto de vista geométrico.

CAPITULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El consultor deberá presentar para los corredores estudiados y para el seleccionado los aspectos relevantes, criterios establecidos para el trazado, resultado del análisis y proceso de descarte realizado, detallando las limitaciones encontradas, ventajas y desventajas de cada uno.

El consultor debe formular las recomendaciones a tener en consideración durante la siguiente etapa de Estudios y Diseños.

ANEXOS

PLANOS

Sin perjuicio de lo establecido en el capítulo 9 del Manual de Diseño geométrico, se recomienda elaborar los planos e informes requeridos para el proyecto que considere el consultor, considerando como mínimo los siguientes:

Ubicación Geográfica Del Proyecto

Se presentará un plano en donde se muestre la ubicación del proyecto respecto a la región y el contexto nacional y su respectivo archivo magnético en formato DWG o compatible, en Planchas de 1,0 X 0,7 m.

Reducido del proyecto

Se presentará a escala 1:25.000 en los formatos planta-perfil y debe contener:

Reducido de la planta

- Distribución de planchas de localización del proyecto con su respectiva numeración.
- Abscisado cada 5 km.
- Referencia detallada de las abscisas de iniciación y terminación del proyecto.
- Localización con sus respectivos nombres de ríos y quebradas de importancia.
- Ubicación tipología preliminar de obras.
- Ubicación y nombre de accidentes geográficos, municipios y corregimientos que tengan comunicación con el proyecto.
- Orientación del proyecto (norte- sur).
- Esquema de la sección transversal típica.

Reducido del perfil

- Perfil longitudinal del terreno
- Localización de puentes, pontones, muros y obras complementarias.
- Pendientes del proyecto
- Abscisado cada 5 km.
- Resumen de cantidades de obra
- Planos de corredores de ruta.

Para cada uno de los corredores seleccionados, se presentarán planos en formato planta - perfil o independiente planta y perfil de acuerdo a las condiciones topográficas del proyecto, en físico y en archivo magnético en formato DWG o compatible.

Planta

- Escala: 1:10.000 o 1:25.000.
- Eje del proyecto rotulado con abscisas cada 500m, líneas de marca cada 1000 m y abscisa de los puntos singulares.
- Sección transversal típica.
- Escalas gráficas.
- Localización de obras principales proyectadas puentes, túneles, alcantarillas y muros.
- Zonas de inestabilidad geotécnica.
- Nombres de los ríos y quebradas, indicando sentido de las aguas.
- Ubicación de sitios críticos.

Perfil longitudinal

- Escalas: H 1:10.000 V 1:1.000 o H 1:25.000 V 1:2.500
- Perfil de terreno existente por el eje y la media banca superior e inferior.
- Proyecto de rasante con indicación de pendientes.
- Localización de obras principales proyectadas puentes, túneles, alcantarillas y muros.
- Elementos de curvas verticales.
- Localización de sondeos y sus correspondientes perfiles estratigráficos.
- Nombres de ríos y quebradas.
- Muros de contención.

Secciones transversales típicas

Se presentarán las secciones mixtas, en tangente o en curva, en cada plano de planta y deberá contener:

- Ancho de calzada.
- Separador (si existe)
- Bermas.
- Pendientes transversales.
- Dimensiones de la cuneta respecto al borde de pavimento.
- Obras de urbanismo.

Secciones transversales

Las Secciones Transversales del estudio, se deben presentar en archivo gráfico y deben contener:

- Escalas 1:1000 o 1:2.500
- Se presentarán cada 1.000 metros.

Movimiento de tierras.

Se hará un estimativo de movimiento de tierras para los diferentes corredores en estudio.

VOLUMEN III. ESTUDIO DE GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA REGIONAL

El Informe Final de los estudios de geología y geomorfología regional nivel de Fase I deberá considerar los siguientes capítulos:

CAPITULO 1 OBJETIVO Y ALCANCES

CAPÍTULO 2. GENERALIDADES

CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES

OBJETIVO

El propósito de la investigación del sitio es obtener suficiente conocimiento y comprensión de las condiciones geológicas del terreno para asegurar que la carretera pueda ser diseñada, construida y subsecuentemente operada con la máxima economía y en completa seguridad.

ALCANCES

En la Fase I se busca determinar los corredores generales y selección de rutas de trazado. En esta fase se hace un estudio en la oficina de toda la información topográfica, geológica y geotécnica disponible. El Consultor deberá examinar el sitio a través de un geólogo especializado en geología para ingeniería. La información se compila y estudia para identificar problemas potenciales, derivados de circunstancias geológicas o de otro tipo, o derivados de la falta de información.

Hay un reconocimiento inicial del proyecto en el campo y la preparación de un mapa fotogeológico a escala 1:25.000 con un control general de campo. Una parte importante es la identificación de amenazas naturales o antrópicas que puedan afectar el sitio. El informe de reconocimiento geológico de la Fase I resume los conocimientos que se tienen y propone los estudios de la siguiente fase y su presupuesto.

Para el Estudio de Geología, el Consultor deberá tener en cuenta lo requerido por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales de conformidad con los lineamientos establecidos en los Términos de Referencia acogidos por el MAVDT mediante la Resolución 1258 del 10 de julio de 2018, identificados con el código TDR-022 o los términos de referencia para la elaboración del Diagnóstico Ambiental de Alternativas - DAA para proyectos lineales de infraestructura de transporte que se encuentren vigentes al momento de entrega de los estudios a INVIAS, y Metodología para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales expedida por el Ministerio de Ambiente, y Desarrollo Sostenible mediante Resolución 1402 del 25 de julio de 2018 o aquella que la modifique, sustituya o derogue.

CAPÍTULO 2. GENERALIDADES

Todas las obras de ingeniería civil se hacen en contacto con la corteza terrestre y muchas de ellas se construyen con materiales extraídos directamente del suelo. El terreno es así parte de la obra. Al implantar una nueva obra de ingeniería sobre el terreno o dentro de éste se produce un cambio en las condiciones originales, el cual genera una reacción del terreno que a su vez actúa sobre la obra. Si dicha reacción está dentro de los límites de la obra de ingeniería se comportará satisfactoriamente; de lo contrario, si la reacción excede los límites la obra podrá fallar.

Así pues, es esencial para un predimensionamiento adecuado de un proyecto que se conozca la extensión y el tipo de reacción del terreno. Dicho conocimiento se adquiere del estudio de las condiciones del terreno

por el proceso de investigación del sitio.

CAPÍTULO 3. DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA

ESTUDIOS PRELIMINARES SOBRE MAPAS Y FOTOGRAFIAS A ESCALA REGIONAL.

El ingeniero de vías con la asistencia de varios expertos, entre éstos el geólogo, definen los corredores posibles de la zona del proyecto, sobre mapas a pequeña escala (1: 50.000) teniendo en cuenta los puntos obligados. Luego el geólogo examina las fotografías aéreas a pequeña escala (1:30.000 a 1:50.000) con el fin de identificar las características geográficas generales, en cuanto a relieve, vegetación e hidrografía y las características geológicas generales. Además, se identificarán sitios críticos como zonas inestables. Luego se estudian todas las rutas posibles dentro de los corredores y se prepara una síntesis de los resultados y los documentos de trabajo, cartográficos y fotográficos interpretados.

INSPECCION GENERAL DE LA ZONA DEL PROYECO

El geólogo hace parte del grupo de expertos que hacen una rápida inspección de campo del terreno del proyecto con los mapas y fotografías aéreas interpretadas

ESTUDIO DE TRAZADOS POSIBLES

Una vez que se disponga de fotografías aéreas y los mapas topográficos correspondientes a mediana escala (1:10.000 a 1:30.000), se procederá al estudio fotogeológico detallado del corredor. Se identificarán los puntos críticos, como puentes largos, túneles, cortes importantes en roca, rellenos sobre materiales compresibles y escasez de material granulares para estructura de la calzada. Luego se hará una inspección geológica de campo para cuantificar el mapa fotogeológico, reconocer los sitios generales de ponteadero sobre los ríos principales y hacer un estudio preliminar de fuentes de materiales. Luego se estudiará todo el corredor preparando un mapa geotécnico en unidades homogéneas a nivel de faceta, de acuerdo con el método de evaluación de terrenos. (Rengers, N., 1973, Principios de Ingeniería Geológica, CIAF, Bogotá; Newill, D. y Triviño, J., 1974, Evaluación de terreno aplicado a la ingeniería vial en Colombia, Segundo Simposio Colombiano de Geotecnia e Ingeniería Geológica, MOP, Colombia, Bogotá, D.E.

Con base en información secundaria deberá realizarse un análisis preliminar de riesgos geológicos y geotécnicos considerados para la evaluación del proyecto, a partir del cual deberá presentarse el correspondiente mapa de susceptibilidad y vulnerabilidad, con el nivel de precisión que lo permita los estudios realizados e información disponible. (VER ANEXO 1 – GESTIÓN DEL RIESGO).

ESTIMACION DE LAS PRINCIPALES CANTIDADES

El equipo que comprende el ingeniero de vías, el geólogo, el geotecnista, el ingeniero de obras y otros expertos, escogerá las unidades de medida de cantidades de obra más adaptadas a las características de cada ruta considerada y estimará las cantidades correspondientes.

INFORME DE RECONOCIMIENTO GEOLOGICO

El informe de reconocimiento geológico que elaborará el Consultor debe comprender los siguientes elementos o apartes:

- I. Introducción: Propósito y alcance del informe, Información Existente, Método de Trabajo.
- II. Geología General del Corredor: Unidades Geológicas, Historia Geológica, Estratigrafía, Estructuras.

- III. Geología para Ingeniería: Unidades Homogéneas, Puntos Críticos, Ponteaderos, Túneles, Cortes Importantes en Roca, Rellenos, Fuentes de Materiales, Amenazas Geológicas.
- IV. Recomendaciones: para Estudios en las siguientes fases de estudio, Presupuesto
- V. Referencias

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Consultor presentará su concepto y análisis sobre los resultados del estudio de geología y propondrá los estudios geológicos de ingeniería requeridos para las siguientes fases de estudios y diseños y su presupuesto estimado.

VOLUMEN IV. ESTUDIO DE GEOTECNIA

El Informe Final sobre los estudios de Geotecnia debe contener los siguientes capítulos: CAPITULO

1 OBJETIVO Y ALCANCES

CAPITULO 2 DIAGNOSTICO GEOTÉCNICO

CAPITULO 3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ANEXOS

CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES

OBJETIVO

Los estudios geológicos y geotécnicos tendrán como fin determinar de manera general las condiciones de estabilidad de las laderas existentes.

ALCANCES

Con base en los resultados del estudio de geología, el Consultor deberá definir de manera general las características geomecánicas de los suelos y rocas con base en las condiciones de estabilidad general de cada una de las alternativas.

CAPÍTULO 2. DIAGNÓSTICO GEOTÉCNICO

Con base en el estudio geológico se determinarán las condiciones de estabilidad de cada corredor.

Para tal efecto serán necesarias visitas técnicas del geólogo y del geotecnista al proyecto, en las cuales se identificarán y corroborarán los resultados del estudio geológico, las condiciones de estabilidad de las laderas y el comportamiento de las mismas.

A partir de la integración de la información sobre los aspectos geológicos y geomorfológicos, se limitarán en un mapa a escala 1:25.000 las zonas homogéneas en términos de su comportamiento geotécnico.

CAPÍTULO 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se deberá concluir acerca de los criterios establecidos y los resultados obtenidos en la determinación de las condiciones de estabilidad de cada una de las alternativas

ANEXOS

- Informe de las visitas técnicas conjuntas del geólogo y el geotecnista
- Planos generales de localización de los corredores.
- Planos geológicos del corredor escala 1:25.000

VOLUMEN V ESTUDIO DE HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA

El informe final sobre el estudio de hidrología e hidráulica deberá considerar los siguientes componentes:

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES

CAPITULO 2. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

CAPITULO 3. ESTUDIOS HIDRÁULICOS

CAPITULO 4. RESULTADOS Y MEMORIAS DE CÁLCULO

CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES

OBJETIVO

El Consultor efectuará los estudios hidrológicos e hidráulicos con el objetivo de identificar, numerar y pre dimensionar las obras necesarias en los sitios de cruce de líneas de agua con respecto a las alternativas en estudios.

El Consultor deberá incluir los periodos de lluvias, registros históricos que se presentan en la zona del proyecto por donde discurrirá el corredor vial.

ALCANCES

Realizará los estudios hidrológicos de acuerdo con los registros de las estaciones hidrometeorológicas existentes en el área del proyecto. En lo posible obtendrá los registros históricos completos.

Con estos estudios determinará las cuencas, subcuencas y/o drenajes que atravesará las alternativas, analizando las características de las cuencas como son área, pendiente de la cuenca y del cauce principal, uso actual y tipo del suelo, entre otros. El Consultor deberá evaluar la existencia de proyectos en el área de influencia directa del proyecto que afecte las características hidráulicas de las corrientes de agua que atraviesen las alternativas.

El Consultor, así mismo calculará los caudales de cada uno de las corrientes hasta el sitio aproximado de cruce y pre dimensionará las obras de drenaje mayores y menores (puentes, pontones, alcantarillas, cunetas, etc.) necesarias para el proyecto.

Revisará la capacidad hidráulica de las obras de drenaje predimensionadas tanto mayores como menores, utilizando los caudales definidos en el estudio hidrológico.

El consultor incluirá las definiciones de los términos particulares de hidráulica e hidrología que utilice en los estudios.

Para el Estudio de Hidráulica e Hidrología, el Consultor deberá tener en cuenta lo requerido por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales de conformidad con los lineamientos establecidos en los Términos de Referencia acogidos por el MAVDT mediante la Resolución 1258 del 10 de julio de 2018, identificados con el código TDR-022 o los términos de referencia para la elaboración del Diagnóstico Ambiental de Alternativas - DAA para proyectos lineales de infraestructura de transporte que se encuentren vigentes al momento de entrega de los estudios a INVIAS, y Metodología para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales expedida por el Ministerio de Ambiente, y Desarrollo Sostenible mediante Resolución 1402 del 25 de julio de 2018 o aquella que la modifique, sustituya o derogue.

CAPÍTULO 2. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EXISTENTE

El consultor efectuará una investigación en relación con la obtención de la información existente, recopilando todo lo referente a estudios previos en cualquier entidad que tenga o haya tenido injerencia con la zona del proyecto, que aporten un conocimiento del clima, suelos, vegetación, comportamiento de obras, etc., incluido lo consignado en el volumen VII - Estudio Componentes Ambiental y Social del presente estudio.

Dentro de esta investigación se tendrá también en cuenta la información de las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR's) y lo establecido en los Planes de Ordenamiento Territorial, o los Planes Básico de Ordenamiento Territorial o los Esquemas de Ordenamiento Territorial de la zona de influencia de las obras, entre otros.

METODOLOGÍA

Se analizará la información secundaria existente y primaria obtenida en campo, con los cuales se realizará los cálculos para la obtención de caudales.

El consultor deberá presentar la metodología para la modelación hidrológica, sustentando la selección del software utilizado, de acuerdo con lo descrito en el Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS o el equivalente que se encuentre vigente a la fecha de los estudios.

De igual forma si el Consultor elaborara un modelo físico y deberá sustentar la necesidad del mismo, incluyendo la longitud aguas arriba y abajo del sitio de estudio.

CARTOGRAFÍA

Para el desarrollo del estudio, la información cartográfica es fundamental, por lo tanto, en el volumen referido a esta área se presentará el resumen del procesamiento de dicha información plasmada en mapas de adecuada escala dependiendo de la magnitud y complejidad del proyecto, de acuerdo con lo dispuesto en el Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS vigente a la fecha de los estudios, la magnitud del proyecto, la escala máxima de trabajo será 1:25.000 o mayor para delimitar las cuencas, calcular las áreas, pendiente del cauce principal, diferencia de nivel o pendiente de la cuenca, forma de la hoya o cuenca y tipo de drenaje. Adicionalmente el Consultor deberá utilizar aerofotografías, imágenes satelitales, Cartografía Aérea Digital y recorridos por las cuencas y microcuencas con el fin de verificar la veracidad de la cartografía existente.

ANÁLISIS DE LLUVIAS

Con base en la información de precipitación obtenida ya sea en el IDEAM, CIOH, CCCP, ECOPETROL, FEDERACIÓN DE CAFETEROS, CAR'S, EMPRESAS DE SERVICIOS PÚBLICOS (ESP's), EMPRESAS DE ENERGÍA o en otra entidad, el Consultor procederá a incluir en el estudio un análisis de los registros de cantidad e intensidad de precipitación en la zona que permitan dar valores de tipo local y regional, para conocer el comportamiento espacial y temporal del fenómeno. De la misma manera deberá presentar los análisis y la caracterización de los principales parámetros climatológicos, entre otros temperatura, velocidad y dirección del viento, humedad relativa, número de días con lluvia, etc.

En aquellos casos donde no exista información, el Consultor podrá realizar transposición de datos. El Consultor podrá transferir valores máximos instantáneos anuales de diferentes periodos de retorno de esta estación hasta el sitio de proyecto, mediante relaciones de áreas de drenaje. Esta metodología tendrá validez toda vez que las áreas de drenaje no sean muy diferentes y que esta diferencia no sea mayor o menor al 50 % del valor original del área de drenaje. La misma metodología se podrá aplicar para cuencas hidrográficas que sean hidrológica y climatológicamente homogéneas.

Posteriormente el Consultor deberá realizar el análisis de frecuencias hidrológicas donde deberá estimar la frecuencia o probabilidad de ocurrencia de eventos, obteniendo los valores máximos de precipitación y caudal. Para tal efecto el Consultor deberá realizar análisis estadístico de datos hidrológicos y utilizar las distribuciones de probabilidad que más se ajusten a la información obtenida, entre otros podrá utilizar la tipo Gumbel y Log-Pearson Tipo III en el caso de valores extremos que son las más utilizadas en el ámbito hidrológico.

Una vez analizada esta información el Consultor deberá calcular las Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia, y determinar la intensidad de la lluvia para cada subcuenca con base en el tiempo de concentración para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años. La determinación de los periodos de retorno con los cuales se deben predimensionar el tipo de estructura y de lo establecido en el MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS del INVIAS o su equivalente que se encuentre vigente al momento de los estudios. Se anexarán copias de la información básica.

ANÁLISIS DE CAUDALES

Se presentarán las relaciones lluvia- caudal en el supuesto que existan registros para determinar coeficientes de escorrentía.

En aquellos casos donde no exista información sobre el mismo sitio de cruce, el Consultor podrá realizar transposición de datos de caudal si existiese una estación limnimétrica o limnigráfica ubicada sobre el mismo cauce. Se podrán transferir caudales máximos instantáneos anuales de diferentes periodos de retorno de esta estación hasta el sitio de proyecto, mediante relaciones de áreas de drenaje. Esta metodología tendrá validez toda vez que las áreas de drenaje no sean muy diferentes y que esta diferencia no sea mayor o menor al 50 % del valor original del área de drenaje. La misma metodología se podrá aplicar para cuencas hidrográficas que sean hidrológica y climatológicamente homogéneas.

En ausencia de registros reales en las corrientes aferentes al corredor vial, los caudales de diseño para los diferentes periodos de recurrencia se obtendrán generándolos de los análisis de las lluvias aplicando metodologías debidamente soportadas y que utilicen al máximo parámetros físico-climáticos de la región.

Los caudales de diseño se deberán estimar por al menos tres métodos, pudiendo ser los descritos a continuación o en su defecto los que el Consultor estime y justifique, éstos podrán ser el Método Racional, Método del Hidrograma de Escorrentía Superficial, el Modelo Lluvia- Escorrentía propuesto por el U.S. Soil Conservation Service (U.S.S.C.S.), el Hidrograma Unitario (p.e: el Hidrograma Unitario Sintético de Snyder, el Hidrograma Unitario Triangular, el Hidrograma Unitario del U.S.S.C.S y adoptado por el U.S. Bureau Of Reclamation), el Método de Holtan y Overton, o el Método de Regionalización de Crecidas en Colombia desarrollado por el Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

El consultor además de utilizar como documento guía el Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS, podrá utilizar otras referencias bibliográficas como el HEC 2- Highway Hydrology de la FHWA, Model Drainage Manual de la AASHTO, Design Manual for Storm Drainage de la ASCE, entre otras.

JUSTIFICACIÓN DE FÓRMULAS EMPLEADAS

Debido a la diversidad de fórmulas con que cuenta la hidrología para el cálculo de caudales y que son aplicables en gran parte dependiendo del razonamiento del ingeniero, el consultor deberá justificar la metodología utilizada estableciendo sus ventajas y criterios de selección.

APLICACIÓN DE LAS TEORÍAS Y MÉTODOS DE PREDICCIÓN

Se presentarán las distribuciones de frecuencia más adecuadas para los análisis de los fenómenos de lluvia,

caudal, temperatura, etc., indicando finalmente el método de predicción adoptado. Esta labor es de gran importancia, puesto que cuantifica un fenómeno que incide directamente en el predimensionamiento de las obras.

CAPÍTULO 3. ESTUDIOS HIDRÁULICOS

Debido a la diversidad de fórmulas con que cuenta la hidrología para el cálculo de caudales y que son aplicables en gran parte dependiendo del criterio del ingeniero, el Consultor deberá presentar la metodología utilizada para correlación de datos y modificación de coeficientes (si los hubiere), estableciendo sus ventajas.

GEOMORFOLOGÍA - DINÁMICA FLUVIAL

Los estudios geo-morfológicos explicarán la dinámica evolutiva de las corrientes de una zona en general, con el objetivo de ubicar y adoptar las obras de prevención, control y corrección más convenientes.

El Consultor deberá determinar las condiciones topográficas, morfológicas e hidrológicas de cada una de las cuencas y subcuencas aferentes al corredor vial, determinando entre otros el área de drenaje, pendiente de la cuenca y del cauce principal, coeficiente de escorrentía, tiempo de concentración, vegetación, tipo y uso del suelo, etc.

En aquellos casos donde el corredor vial discorra próximo a una corriente importante que pueda llegar a afectar la estabilidad de la vía, el Consultor deberá realizar un análisis multitemporal de las condiciones morfológicas y diseñar las obras de prevención y protección necesarias para evitar su daño. Para tal efecto se deberán utilizar aerofotografías, imágenes de satélite, estudios previos y demás información que le permita realizar el análisis del comportamiento de los cauces.

OBRAS MENORES

El consultor deberá plantear las obras menores necesarias en cada una de las alternativas en estudio (cunetas, zanjas de coronación, alcantarillas, canales, bateas, vados, badenes, estructuras de entrada y salida) y las estructuras de control hidráulico requeridas para garantizar la estabilidad de las laderas (estructuras de caída escalonadas, rápidas lisas, escalonadas combinadas, etc.).

El Consultor determinará el tipo de funcionamiento hidráulico en los aspectos de control de entrada y salida, su eficiencia, altura, pendiente, longitud y posición con respecto al proyecto vial.

Para el planteamiento y análisis de las obras menores, el Consultor podrá utilizar como documento guía el Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS vigente, así mismo podrá utilizar otras referencias bibliográficas ampliamente utilizadas en el medio como son las de la FHWA, el HEC 22 – Urban Drainage Design Manual, HEC 15 – Design of Roadside Channels with Flexible Linings, HDS 3 - Design Charts for Open Channel Flow, Hds 4 – Design of Road Channels, HDS 4 – Introduction to Highway Hydraulics, HEC 11 – Design of Riprap Revetment, HEC 14 – Hydraulic Design of Energy Dissipators for Culverts and Channels, el Highway Drainage Guidelines de la AASHTO, la Instrucción 5.2 – IC. Drenaje Superficial del MOPU de España, así como todas las guías Highway Design Manual del los Department of Transportation (DOT) de cada uno de los estados de los Estados Unidos, o las que el Consultor justifique y considere apropiadas. Todas las referencias mencionadas arriba pueden descargarse gratuitamente de internet, salvo la de la AASHTO.

SUBDRENAJE

El estudio contemplará un análisis del subdrenaje primordialmente en todos los sitios donde haya evidencia de agua subterránea, con el fin de dar estabilidad a la estructura del pavimento y a los taludes de la vía.

Se presentarán recomendaciones y predimensionamientos específicos para cada sitio donde el corredor vial lo requiera ya sea sobre los taludes aferentes a la estructura, así como en las zonas de disposición de sobrantes de excavación, zonas proyectadas para campamentos, fuentes de materiales, zonas de acopio, etc.

El Especialista Hidráulico del Consultor deberá trabajar este capítulo con los siguientes especialistas: Geólogo y Geotecnista.

Entre otros el Consultor deberá predimensionar drenes horizontales – transversales – longitudinales, capas drenantes de pavimentos, pozos verticales de alivio, drenajes y/o filtros de muros de contención, galerías y trincheras drenantes.

Para tal fin, el Consultor deberá utilizar como documento guía el Manual de Drenaje para Carreteras vigente del INVIAS, así mismo podrá utilizar otras referencias bibliográficas de la FHWA y la AASHTO.

HIDRÁULICA DE OBRAS MAYORES

Para esta etapa de los estudios hidráulicos el Consultor deberá estimar los caudales de prediseño para diferentes periodos de retorno. El consultor evaluará y justificará la localización de obras mayores.

Los análisis hidráulicos de las obras mayores se realizarán de acuerdo a lo establecido en el Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS o su equivalente vigente a la fecha de los estudios, capítulos correspondientes a Drenaje Superficial y Puentes, los cuales deberán ser adecuados a las necesidades del proyecto considerando su magnitud y complejidad.

El consultor deberá revisar la información secundaria o primaria disponible de otros estudios o proyectos en la región, relacionada con toma de información batimétrica e hidrológica, que sirva como insumo en la evaluación y conocimiento de la dinámica de las corrientes de agua, estimación de los caudales, estimación de los niveles mínimos y máximos de inundación y cálculo aproximado del gálibo.

Para el diseño se podrá utilizar otras referencias bibliográficas de la FHWA como son el HDS 1– Hydraulics of Bridge Waterways, HEC 22 - Urban Drainage Design Manual, HEC 21 - Design of Bridge Deck Drainage; el Highway Drainage Guidelines de la AASHTO, así como todas las guías Highway Design Manual del los Department of Transportation (DOT) de cada uno de los estados de los Estados Unidos, o las que el Consultor justifique y considere apropiadas. Todas las referencias mencionadas arriba pueden descargarse gratuitamente de internet, salvo la de la AASHTO.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y MEMORIAS DE CÁLCULO

El Consultor deberá presentar un resumen conciso de todos los resultados encontrados a través del estudio, incluyendo aquellos que requieran de su utilización en otras especialidades o que generen conclusiones inmediatas; por ejemplo, milímetros promedio de precipitación multi- anual de la zona (gráficas y valores), caudal y niveles de diseño de “X” corriente - corrientes principales, temperatura promedio multi- anual, zonas críticas para el drenaje, periodo de lluvias para proyectar la ejecución de las obras, etc.

El consultor deberá entregar todas las memorias de cálculo, incluidos los programas de computador utilizados, la metodología, los resultados, el lenguaje y la memoria requerida: en síntesis, debe entregar un “Manual del Usuario”. Así mismo, entregará los planos, imágenes de satélite, aerofotografías y anexos que se utilicen para la comprobación de los resultados obtenidos.

Se hará entrega de toda referencia bibliográfica a que se haga mención en el estudio. Esta debe ser clara y precisa y, en los casos que se requiera, se adjuntarán los capítulos o análisis teórico- técnicos de una o

alguna de las referencias en particular que permitan dar un concepto sobre un punto específico. Si el consultor considera que deben incluirse o excluirse entregables, deberá solicitar y sustentar la modificación correspondiente.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Por medio del estudio se identificarán los sitios de ponteadero y cruces mayores y menores, se realizarán las evaluaciones de información para caracterizar y definir los comportamientos de los cauces en la zona del proyecto.

Se identificarán zonas vulnerables como zonas de corte y de ladera para las cuales se recomendará las acciones y evaluaciones a lugar en las siguientes fases de estudios y diseños.

Se presentará un listado de las obras mayores y menores necesarias para el correcto drenaje del corredor, basado en el número suficiente de estudios que consideren las variaciones en lluvias, caudales, topografía.

VOLUMEN VI. ESTUDIO DE ESTRUCTURAS

En el Informe de Estudio de Estructuras constará de los siguientes capítulos:

CAPITULO 1 OBJETIVO Y ALCANCES.

CAPITULO 2 DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

CAPITULO 3 PRESENTACIÓN Y SUSTENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA.

CAPITULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES

OBJETIVO

A partir del trazado y topografía del proyecto, y de los parámetros y criterios definidos en las demás áreas de estudio, el consultor evaluará mínimo tres (3) tipologías estructurales viables constructivamente para cada uno del (los) puente(s) previsto(s) o viaductos requeridos en el corredor o sector de estudio. Estas alternativas serán presentadas y evaluadas por el consultor quien realizará la estimación de cantidades de obra y costos, elegirá la más conveniente y realizará las debidas recomendaciones para realizar los estudios y diseños en etapas posteriores.

ALCANCES

Con base en las tipologías estructurales seleccionadas para las obras de conexión propuestas, el consultor deberá realizar una evaluación técnica considerando los criterios geológicos, geotécnicos, ambientales, económicos, análisis de riesgos y demás que se requieran para determinar las diferentes obras requeridas en el proyecto, orientado al planteamiento de infraestructura sostenible.

El Consultor deberá presentar las ventajas y desventajas de cada una de las tres (3) tipologías estructurales propuestas para cada puente o viaducto y seleccionar la alternativa más conveniente.

De acuerdo a las tipologías de puentes planteadas, el Consultor deberá un estimativo presupuestal para cada una de las alternativas.

CAPÍTULO 2. DESCRIPCION DE ALTERNATIVAS.

El Consultor realizara una descripción básica de mínimo tres (3) Alternativas de tipología estructural para cada uno de los puentes o viaductos que requiera el proyecto, relacionando sus ventajas y desventajas a través de características específicas relacionadas con cada una de las áreas que contribuyeron estrechamente en su planteamiento. Es importante que cada especialidad determine los principales criterios con los cuales se podría seleccionar una u otra Alternativa.

El Consultor deberá definir, para cada alternativa, como mínimo lo siguiente:

Longitud total, luces y tipo de estructura.

- Tipo de material

- Dimensiones de las secciones transversales típicas.
- Tipología de estribos y cimentación con las dimensiones básicas.
- Longitud de accesos.
- Planos topográficos de ubicación del puente con indicación de los puntos de referencia y niveles.
- Estimación de costos
- Criterios que justifiquen la alternativa de tipología recomendada.

El consultor dependiendo de la particularidad del proyecto, podrá presentar alternativas que involucren el empleo de elementos prefabricados de gran escala para los diferentes elementos tanto de la superestructura y subestructura, siempre y cuando cumpla con la normativa vigente para tal fin; en dicho caso de propuesta el consultor realizará la estimación de costos y generará las recomendaciones para las etapas siguientes de estudios y diseños.

En el análisis de ventajas y desventajas se deberán tener en cuenta los aspectos técnicos, ambientales, económicos y de riesgo que articulados con los lineamientos de sostenibilidad del presente estudio, permitan el planteamiento de infraestructura sostenible, duradera y amigable con el medio ambiente. Este análisis deberá incluir también las ventajas y desventajas del proceso constructivo de cada alternativa propuesta. El diseño de estructuras se realizará con el nivel de precisión que lo permita los demás estudios realizados en el presente proyecto e información disponible.

CAPITULO 3 PRESENTACIÓN Y SUSTENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA.

El consultor desarrollará y aplicará la metodología aprobada por la Interventoría y mostrará y documentará todos los resultados obtenidos para que puedan ser fácilmente verificables.

La metodología para seleccionar la alternativa que resulte más favorable, deberá ser aprobada por el Interventor de los estudios designado por el INVIAS.

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El consultor deberá presentar el resumen y conclusiones del estudio, las cuales harán referencia al proceso de Análisis y selección de la alternativa recomendada, incluyendo el resumen de ventajas y desventajas y estimación de cantidades de obra y costos de cada tipología propuesta. El consultor deberá presentar las recomendaciones para realizar los estudios y diseños en etapas posteriores.

VOLUMEN VII. ESTUDIO COMPONENTES AMBIENTAL Y SOCIAL

El documento de Estudio Componentes Ambiental y Social a nivel de Fase I, debe considerar los siguientes capítulos:

CAPITULO 1. GENERALIDADES.

CAPITULO 2. DOCUMENTO SOBRE LA NECESIDAD DE DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE ALTERNATIVAS - NDA

CAPITULO 3. LINEAMIENTOS GENERALES PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE ALTERNATIVAS – DAA.

CAPITULO 4. RESPONSABILIDAD EN LA ELABORACIÓN DEL DAA.

CAPÍTULO 5. INFORMES DE AVANCE DEL DAA.

CAPÍTULO 6. PRODUCTOS ENTREGABLES

CAPITULO 7. GESTIÓN Y APROBACIÓN DEL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE ALTERNATIVAS.

CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES

En este documento se presenta el desarrollo y contenido correspondiente al Diagnóstico Ambiental de Alternativas (en adelante DAA) para proyectos ejecutados por la entidad. Estos lineamientos, tienen un carácter genérico y en consecuencia deben ser adaptados a la magnitud y otras particularidades del proyecto, así como a las características ambientales regionales y locales en donde se pretende desarrollar.

El Consultor se obliga al cumplimiento de lo establecido en el pliego de condiciones. Para la elaboración del Diagnóstico Ambiental de Alternativas – DAA el Consultor deberá regirse por lo establecido en la legislación ambiental aplicable, el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible No.1076 de 2015 o la norma que la sustituya, modifique o derogue y sus reglamentarios, para lo cual el consultor deberá revisar y analizar el alcance del proyecto.

Es de resaltar, que el objetivo de este volumen es obtener un pronunciamiento por parte de la autoridad ambiental, con una alternativa seleccionada que viabilice la continuidad del proyecto en fases posteriores.

CAPÍTULO 2. DOCUMENTO SOBRE LA NECESIDAD DE DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE ALTERNATIVAS – NDA

El Consultor deberá elaborar el documento sobre la Necesidad de Diagnóstico Ambiental de Alternativas – NDA, para el proyecto, el cual debe ser aprobado por la Interventoría y entregado al Instituto Nacional de Vías - INVIAS, para que a través de la Entidad se realice el trámite de radicado ante la Autoridad Ambiental competente para su respectivo pronunciamiento. Lo anterior de acuerdo con lo establecido en el Decreto 1076 de 2015 en su Artículo 2.2.2.3.6.1, o la norma que lo sustituya o modifique y demás normatividad ambiental vigente.

Dependiendo el resultado de la consulta de NDA, el proyecto continuará o no a la etapa de elaboración del DAA, si el pronunciamiento mencionado es de No Necesidad de Diagnóstico, con la elección de una alternativa por parte de la autoridad ambiental, el alcance y las gestiones ambientales por parte del consultor llegaran hasta este trámite si el contrato es solo de Fase 1.

Toda la documentación que hace parte de los estudios deberá ser entregada a la Interventoría en los formatos adoptados por la Autoridad Ambiental competente, para que esta a su vez, verifique, analice y apruebe dicha información.

CAPÍTULO 3. LINEAMIENTOS GENERALES PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE ALTERNATIVAS – DAA

Para la elaboración del Diagnóstico Ambiental de Alternativas - DAA, el Consultor deberá regirse por la legislación ambiental aplicable, el Decreto Único 1076 del 26 de mayo de 2015 o la norma que lo sustituya, modifique o derogue y sus reglamentarios.

De requerirse DAA, este debe ser elaborado de conformidad a los lineamientos establecidos en los Términos de Referencia acogidos por el MADS mediante la Resolución 1258 del 10 de julio de 2018, identificados con el código TDR-022 o los términos de referencia para la elaboración del Diagnóstico Ambiental de Alternativas - DAA, para proyectos lineales de infraestructura de transporte que se encuentren vigentes al momento de entrega de los estudios a INVIAS.

Los mencionados términos de referencia TDR-022 están disponibles en la página de la ANLA.

Estos términos, tienen un carácter genérico y en consecuencia deberán ser adaptados a la magnitud y otras particularidades del proyecto, así como a las características ambientales y sociales regionales y locales en donde se pretende desarrollar.

En todo caso, se debe entregar el DAA en un formato digital editable, con base en la Metodología para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales expedida por el Ministerio de Ambiente, y Desarrollo Sostenible mediante Resolución 1402 del 25 de julio de 2018 o aquella que la modifique, sustituya o derogue. En relación con el componente geográfico se deberá atender lo dispuesto por la Resolución 2182 del 23 de diciembre de 2016 de MADS o aquella que la modifique, sustituya o derogue.

El contenido del Modelo de Almacenamiento Geográfico de Datos (GDB), debe estar conforme a lo desarrollado en el estudio ambiental y garantizar en su entrega los criterios mínimos de calidad de los datos como son la exactitud posicional, exactitud de atributos, consistencia lógica, coherencia topológica, compleción, calidad temporal, y procedencia; para lo cual se debe tener en cuenta la Guía para el diligenciamiento y presentación del modelo de datos geográficos de la ANLA.

Por otra parte, se precisa que es una obligación del consultor realizar una investigación y evaluación de las áreas con restricciones ambientales (Ecosistemas estratégicos, áreas ambientalmente sensibles, zonas de parques y reservas, entre otros) con el fin de garantizar la conservación del entorno físico, biótico y social del área del proyecto dentro del análisis requerido para la elaboración del Diagnóstico Ambiental de Alternativas. Adicionalmente, las propuestas planteadas deberán contener criterios relacionados con la sostenibilidad y de gestión del riesgo, que fomenten una infraestructura duradera y amigable con el medio ambiente.

Se requiere, como mínimo, que la información que entregue el Consultor a la Interventoría, para su debida revisión y aprobación, contenga entre otros los siguientes aspectos debidamente actualizados, los cuales deberán estar acordes con lo requerido en los Términos de Referencia Generales vigentes para DAA, establecidos por la Autoridad Ambiental. Por tanto, se requerirá la elaboración de los siguientes capítulos:

Objetivos

Generalidades

Descripción del proyecto

Area de estudio

Caracterización del área de estudio

Análisis de riesgo.

Zonificación ambiental.

Identificación de impactos potenciales.

Análisis costo-beneficio ambiental de las alternativas (basado en la resolución 1669 de 2017 “Por la cual se adoptan los Criterios Técnicos para el Uso de Herramientas Económicas en los Proyectos, Obras o Actividades Objeto de Licencia Ambiental o Instrumento Equivalente y se adoptan otras determinaciones”).

Comparación de las Alternativas

Así mismo se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se puede elaborar el DAA con información secundaria disponible, siempre y cuando la misma sea suficiente, actualizada y consistente para analizar el área de estudio. En caso contrario, se debe recopilar información primaria. La información se debe presentar a nivel de prefactibilidad (Fase 1), de acuerdo con la Ley 1682 de 2013, o aquella que la modifique, sustituya o derogue.

- Identificación y caracterización preliminar, con base en fuentes secundarias, de las comunidades del área de influencia del proyecto.

- Con respecto a las comunidades étnicas, el consultor deberá verificar ante las oficinas de etnias o de comunidades indígenas y/o negras de nivel municipal, distrital o departamental, así como en el ministerio de Interior la presencia de comunidades indígenas, negras, raizales, palenqueras y ROM y obtener registro de sus autoridades tradicionales.

- El consultor deberá gestionar y obtener las certificaciones, los acuerdos y los planos de los territorios colectivos de comunidades étnicas en el Ministerio del Interior y/o la Agencia Nacional de Tierras.

- El consultor se obliga a consultar las bases de datos de territorios en disputa como consecuencia del conflicto provistas por autoridades tales como la Agencia Nacional de Tierras y la Unidad Administrativa Especial de Restitución de Tierras Despojadas, entre otras instituciones competentes.

- Socialización del proyecto a los líderes comunitarios y a las autoridades civiles del área de influencia del proyecto quienes a su vez servirán de replicadores de la información suministrada.

- Comparación de alternativas según criterios de comparación relacionados con el medio biótico, abiótico y socio económico.

- Y demás documentos adicionales requeridos por la Autoridad Ambiental y el Instituto Nacional de Vías.

Nota: Toda la documentación debidamente actualizada que hace parte del estudio deberá ser entregada a la interventoría en los formatos adoptados por la Autoridad Ambiental competente, para que esta a su vez, verifique, analice y apruebe dicha información; de esta manera el Consultor continuará con el trámite respectivo hasta ratificar la mejor alternativa del proyecto, es decir, deberá aportar al INVÍAS el estudio de Diagnóstico Ambiental de Alternativas, anexando la documentación correspondiente, con el fin de que a través de la Entidad se realice el trámite de radicado del DAA ante la Autoridad Ambiental competente.

Adicionalmente para la elaboración del DAA, el consultor debe apoyarse en las guías ambientales que adopte el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS, para este tipo de proyectos, como instrumento de autogestión y autorregulación. Estas guías constituyen un referente técnico de orientación conceptual,

metodológica y procedimental para apoyar la gestión, manejo y el desempeño de los proyectos, obras o actividades, por lo que deberán ser utilizadas de forma complementaria a los términos de referencia.

CAPÍTULO 4. RESPONSABILIDAD EN LA ELABORACIÓN DEL DAA

El Consultor se obliga al desarrollo del estudio de DAA, que debe corresponder al objeto y alcance del proyecto y se convierte en el soporte contractual para el seguimiento y control por parte de la Interventoría y del INVÍAS.

Conforme a la normativa aplicable, el consultor dará estricto cumplimiento a lo contenido en los términos de referencia vigentes, a las metodologías existentes para tal fin y a la presentación de la Geodatabase debidamente estructurada y diligenciada de acuerdo al modelo dispuesto en la Resolución 2182 del 23 de diciembre de 2016, o la que la sustituya, modifique o derogue, desde la orden de inicio del contrato y suministrará la información técnica necesaria al INVÍAS hasta el pronunciamiento sobre el DAA (elección de la alternativa más viable).

El consultor se obliga a presentar todos los informes que le sean solicitados por INVÍAS, así como aportar las certificaciones de cumplimiento expedidas por la interventoría, como soporte del cumplimiento del contrato de consultoría.

CAPÍTULO 5. INFORMES DE AVANCE DEL DAA.

La entidad recomienda a la Consultoría, que, durante la elaboración de la actualización y complementación del DAA, vaya haciendo entregas parciales a la Interventoría del material trabajado, con el fin de que este proceso de revisión, modificación, complementación o aclaración no se concentre en el límite establecido en la respectiva FRONTERA 3, de tal forma que se pueda cumplir con esta entrega.

El Consultor entregará a la firma interventora, en medio magnético, informes de avance de las actividades desarrolladas en el marco de la elaboración del DAA.

De requerirse, documento de consulta para Necesidad de Diagnóstico Ambiental de Alternativas.

Informe de objetivos, generalidades y descripción del proyecto, área de estudio y caracterización del área de estudio, análisis de riesgo y Zonificación ambiental.

Informe de identificación de impactos potenciales, análisis costo-beneficio ambiental y comparación de alternativas según criterios de comparación relacionados con el medio biótico, abiótico y socio económico.

Entrega del volumen aprobado

NOTA1: Todos los productos y/o volúmenes relacionados en la información anterior y de acuerdo con la fecha establecida en los Estudios previos, tienen la estricta obligación de contar con la revisión y aprobación de la interventoría.

NOTA 2: Todas las “FECHA MÁXIMA DE ENTREGA DE LOS VOLÚMENES”, establecidas en los Estudios previos corresponden a fechas de radicados en la entidad, y deben contar con la previa revisión y aprobación por parte de la Interventoría, por lo que será de responsabilidad del Consultor e Interventor, coordinar y programar los plazos de entrega parciales y finales de productos y subproductos, para cumplir con las fechas establecidas por la entidad. De la misma forma, esta fecha corresponde a la versión final de cada uno de los volúmenes, por lo que es responsabilidad de la Interventoría, definir los tiempos y/o plazos que estime necesario para la revisión de versiones preliminares de cada uno de los productos por parte de sus especialistas, garantizando la entrega de la “versión final” de cada uno de los volúmenes dentro de las fechas definidas en la Frontera 3.

CAPÍTULO 6. PRODUCTOS ENTREGABLES

- Documento de solicitud de pronunciamiento sobre la Necesidad de Diagnóstico Ambiental de Alternativas (NDA) (En caso de ser necesario).
- Pronunciamiento de la Autoridad Ambiental sobre la Necesidad de Diagnóstico Ambiental de Alternativas (NDA). (En caso de ser necesario)
- Estudio de Diagnóstico Ambiental de Alternativas – DAA. (En caso de ser necesario).
- Acto Administrativo por medio del cual la Autoridad Ambiental selecciona Alternativa para el desarrollo del EIA. (En caso de ser necesario).

CAPÍTULO 7. GESTIÓN Y APROBACIÓN DEL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE ALTERNATIVAS

Para la aprobación de la versión final del DAA actualizado y complementado por parte de la firma interventora, ésta verificará el contenido técnico y la consistencia con otros instrumentos que rigen el contrato, entre otros, los términos de referencia para la elaboración del Diagnóstico Ambiental de Alternativas -DAA - para proyectos lineales de infraestructura de transporte indicados por la Autoridad Ambiental en el pronunciamiento correspondiente, o los que se encuentren vigentes al momento de entrega de los estudios a INVÍAS, la Metodología para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible mediante Resolución 1402 del 25 de julio de 2018 o aquella que la modifique, sustituya o derogue, para el componente geográfico se deberá atender lo dispuesto por la Resolución 2182 del 23 de diciembre de 2016 de MADRS, o aquella que la modifique, sustituya o derogue, la guía para el diligenciamiento y presentación del modelo de datos geográficos de la ANLA, el pliego de condiciones, el contrato y la normatividad vigente aplicable.

La FRONTERA 3 de los Estudios Previos, establece la fecha máxima para la entrega del Volumen del Diagnóstico Ambiental de Alternativas, fecha en la cual se debe radicar en la Entidad el Volumen de DAA versión final, y deben contar con la previa revisión y aprobación por parte de la Interventoría, por lo que es responsabilidad de la Interventoría, definir los tiempos y/o plazos que estime necesario para la revisión de versiones preliminares de cada uno de sus especialistas, garantizando la entrega de la “versión final” del Volumen de DAA, dentro de las fechas definidas en la Frontera 3.

La versión final del Volumen del Diagnóstico Ambiental de Alternativas - DAA, se deberá radicar a la unidad ejecutora del Instituto con copia a la SMA, con el fin de que la Entidad pueda realizar el respectivo trámite de radicado del estudio para la solicitud de pronunciamiento sobre el DAA (elección de la mejor alternativa).

En el evento en que la Autoridad Ambiental competente requiera aclaraciones complementos o ajustes al estudio, le corresponde al consultor resolverlas en el plazo o términos establecidos por la Autoridad Ambiental, hasta el respectivo pronunciamiento sobre el DAA y a la interventoría le corresponde evaluar si dichas consideraciones obedecieron a un incumplimiento por parte del consultor a los términos de referencia establecidos.

Para efectos de adelantar la visita de evaluación del DAA por parte de la Autoridad Ambiental, el consultor deberá tener a disposición el personal involucrado en la formulación del estudio, así como suministrar la logística necesaria para dicho fin. De igual manera, el personal deberá estar a disposición para asistir y participar en todas las reuniones que requieran la Autoridad Ambiental y el INVÍAS.

Expedido el Acto Administrativo de fondo sobre el trámite de DAA, el Consultor deberá analizar la pertinencia sobre la presentación de Recurso de Reposición. Para tal efecto, el Consultor preparará el documento respectivo y lo allegará al INVÍAS previa aprobación de la Interventoría para ser presentado a la Autoridad Ambiental dentro de los términos previstos.

En el caso en que el consultor presente información diferente a la solicitada por la Autoridad Ambiental o no allegue la información en el plazo fijado y la Autoridad a su vez ordene el archivo de la solicitud de pronunciamiento sobre el DAA, al consultor le corresponde reintegrar al INVÍAS el valor no reembolsado por la Autoridad Ambiental, valor que variará según el artículo 4 de la Resolución 1978 de Noviembre 2018, así como el valor invertido en el volumen de DAA que no haya surgido el proceso de elección de alternativa por parte de la autoridad ambiental.

Adicionalmente, ante el posible incumplimiento de lo descrito anteriormente y demás obligaciones del contrato, la Interventoría debe solicitar la aplicación de multas, de acuerdo con la Resolución No 1124 del 27 abril 2021.

CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El documento elaborado deberá cumplir con lo que solicita la autoridad ambiental para emitir concepto sobre la mejor alternativa de conexión.

Adicionalmente, se deberá concluir los aspectos más relevantes del documento ambiental respecto a la alternativa considerada como la mejor opción de conexión. El consultor deberá recomendar al INVÍAS según lo identificado en el proyecto, consideraciones a tener en cuenta para el desarrollo de la fase de licenciamiento enmarcadas en gestiones que puedan dificultar su desarrollo y futura construcción.

NORMATIVIDAD AMBIENTAL Y SOCIAL

Las obligaciones para el cumplimiento ambiental se enmarcan en la normatividad vigente en la materia, citada a continuación, no obstante, el hecho de no encontrarse citada alguna norma promulgada antes del cierre del proceso de selección, no exime al consultor/contratista de su conocimiento y aplicabilidad, bajo su entera responsabilidad:

La Constitución Política de Colombia.

- Decreto Ley 2811 de 1974. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
- Decreto 1449 de 1977. Por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la Ley 135 de 1961 y el Decreto Ley No. 2811 de 1974.
- Decreto 1715 de 1978. Por el cual se reglamenta parcialmente el Decreto Ley 2811 de 1974, la Ley 23 de 1973 y el Decreto - Ley 154 de 1976, en cuanto a protección del paisaje.
- Ley 09 de 1979. Por la cual se dictan Medidas Sanitarias.
- Decreto 02 de 1982. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979 y el Decreto Ley 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosféricas.
- Decreto 1594 de 1984. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.

- Ley 21 de 1991. Por medio de la cual se aprueba el Convenio número 169 sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes, adoptado por la 76a. reunión de la Conferencia General de la OIT, Ginebra.
- Ley 52 de 1993. Por medio de la cual se aprueba el convenio 167 y la recomendación No. 175 sobre seguridad y salud en la construcción; adoptados por la 75ª reunión de la conferencia general de la OIT, Ginebra de 1988.
- Ley 55 de 1993. Por medio de la cual se aprueba el "Convenio No. 170 y la Recomendación número 177 sobre la Seguridad en la Utilización de los Productos Químicos en el trabajo", adoptados por la 77a. Reunión de la Conferencia General de la O.I.T., Ginebra, 1990.
- Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones.
- Ley 70 de 1993. Por la cual se desarrolla el artículo transitorio 55 de la Constitución Política.
- Ley 134 de 1994. Por la cual se dictan normas sobre mecanismos de participación ciudadana.
- Ley 142 de 1994. Por la cual se establece el régimen de Servicios Públicos Domiciliarios y se dictan otras disposiciones.
- Resolución 1083 de 1994 del Ministerio del Medio Ambiente. Por el cual se regula la utilización de fibra natural en obras y actividades.
- Decreto 948 de 1995. Por el cual se reglamentan, parcialmente la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto-ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9ª de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.
- Decreto 2107 de 1995. Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995 que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire.
- Resolución 898 de 1995 del Ministerio del Medio Ambiente. Por la cual se regula los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna de automotores.
- Ley 299 de 1996. Por el cual se protege la flora colombiana, se reglamentan los jardines botánicos y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 605 de 1996. Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994 en relación con la prestación del servicio público domiciliario de aseo. Vigente solo el capítulo sancionatorio.
- Resolución 005 de 1996. del Ministerio del Medio Ambiente. Por la cual se reglamenta los niveles permisibles de emisión de contaminantes producidos por fuentes móviles terrestres a gasolina o diésel y se definen los equipos y procedimientos de medición de dichas emisiones.
- Resolución 909 de 1996 del Ministerio del Medio Ambiente. Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 005 de 1996 que reglamenta los niveles permisibles de emisión de contaminantes producidos por fuentes móviles terrestres a gasolina o Diesel, y se definen los equipos y procedimientos de medición de dichas emisiones y se adoptan otras disposiciones.

- Ley 373 de 1997. Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
- Ley 388 de 1997. Por la cual se modifica la Ley 9ª de 1989, y la Ley 3ª de 1991 y se dictan otras disposiciones.
- Ley 397 del 7 de agosto de 1997 “Por la cual se desarrollan los artículos 70,71 y 72 y demás artículos concordantes de la Constitución Política y se dictan normas sobre patrimonio cultural, fomentos y estímulos a la cultura, se crea el Ministerio de la Cultura y se trasladan algunas dependencias”.
- Decreto 1697 de 1997. Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995, que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire.
- Resolución 273 de 1997 del Ministerio del Medio Ambiente. Por la cual se establecen las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos para los parámetros, demandas bioquímicas de oxígeno (DBO) y sólidos suspendidos totales (SST).
- Ley 472 de 1998. Por la cual se desarrolla el artículo 88 de la Constitución Política de Colombia en relación con el ejercicio de las acciones populares y de grupo y se dictan otras disposiciones.
- Resolución 372 de 1998. del Ministerio del Medio Ambiente. Por la cual se actualizan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos y se dictan disposiciones.
- Resolución 415 de 1998 del Ministerio del Medio Ambiente. Por la cual se prohíbe la quema de llantas, baterías, plásticos y otros materiales que puedan generar emisiones tóxicas al aire.
- Decreto 1320 de 1998, por el cual se reglamenta la consulta previa con las comunidades indígenas y negras.
- Decreto 321 de 1999. Relacionado con el Plan Nacional de Contingencias contra derrames accidentales de hidrocarburos o cualquier otra sustancia nociva para la salud, en el sentido de que en cada actividad a realizar se debe realizar una evaluación de las posibles contingencias que puedan presentarse y tomar las acciones correctivas o preventivas según sea del caso.
- Decreto 1552 de 2000. Mediante el cual se modifica el art. 38 del Decreto 948 de 1995, modificado por el artículo 3 del Decreto 2107 de 1995, relacionado con las emisiones de vehículos Diesel.
- Ley 685 del 2001. Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones.
- Ley 769 de 2002. Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 1530 de 2002. Por el cual se modifica el artículo 40 del Decreto 948 de 1995, modificado por el artículo 2º del Decreto 1697 de 1997 y por el Decreto 2622 de 2000 respecto del contenido de plomo en los combustibles.
- Decreto 1713 de 2002. Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos.
- Decreto 3100 de 2003. Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones.

- Ley 850 de 2003. Por medio de la cual se reglamentan las veedurías ciudadanas.
- Decreto 155 de 2004. Por el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley
- 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones
- Decreto 3440 de 2004. Modifica parcialmente el Decreto 3100 de 2003.
- Resolución 1197 de 2004 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Por medio de la cual se establece las zonas compatibles de minería en la Sabana de Bogotá.
- Resolución 1110 de 2004. del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Por la cual se fijan las tarifas para el cobro de los servicios de evaluación y seguimiento de licencias, autorizaciones y demás instrumentos de control y manejo ambiental, y se dictan otras disposiciones.
- Resolución 1565 de 2004. del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Por la cual se modifica parcialmente la resolución 898 de 1995, que regulan los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna de vehículos automotores.
- Decreto 838 de 2005. Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 4741 de 2005. Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.
- Decreto 4742 de 2005. Por el cual se modifica el artículo 12 del decreto 155 de 2004 y se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de agua.
- Resolución 1023 de 2005. del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Por la cual se adoptan las guías ambientales como instrumento de autocontrol y autorregulación.
- Resolución 2202 de 2005. del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Por la cual se adoptan los Formularios Únicos Nacionales.
- Oficio 526974 de 28 de diciembre de 2005 concepto de la Oficina Asesora Jurídica del Ministerio de Minas y Energía. Obligación de gestionar y obtener licencia ambiental en los procesos de autorización temporal para materiales de construcción de carreteras.
- Decreto 979 de 2006. Por el cual se modifican los artículos 7, 10, 93, 94 y 108 del Decreto 948 de 1995.
- Resolución 1402 de 2006. del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Por la cual se desarrolla parcialmente el decreto 4711 del 30 de diciembre de 2005, en materia de residuos o desechos peligrosos.
- Resolución 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental.

- Resolución 349 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Por la cual se establece el porcentaje de gastos de administración que cobrarán las autoridades ambientales en relación con los servicios de evaluación y seguimiento ambiental.
- Resolución 601 del 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Por la cual se establece la norma de calidad de aire o nivel de inmisión para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.
- Circular 2000-2-44593 del 19 de mayo de 2006 del Viceministerio de Ambiente. Lineamientos para la aplicación de tasas ambientales.
- Oficio 2400-E-2-70830 del 4 de septiembre de 2006 concepto de la Dirección de Licencias, permisos y trámites ambientales del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial: Obligación de gestionar y obtener licencia ambiental en los procesos de autorización temporal para materiales de construcción de carreteras.
- Decreto 330 de 2007. Por el cual se reglamentan las audiencias públicas ambientales y se deroga el Decreto 2762 de 2005.
- Decreto 1575 de 2007. Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.
- Resolución 2115 de 2007. del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.
- Ley 1185 del 12 de marzo de 2008. "Por la cual se modifica y adiciona la ley 397 de 1997 -Ley general de la cultura- y se dictan otras disposiciones".
- Ley 1333 de 2009 sobre el Régimen Sancionatorio Ambiental.
- Resolución 7798 del 31 de diciembre 2009 "por la cual se revoca la Resolución No. 1007 del 7 de marzo de 2008 y se hace una delegación para el reconocimiento de compensaciones económicas a las comunidades étnicas afectadas por la ejecución de proyectos a cargo del Instituto Nacional de Vías - INVIAS y se fijan los parámetros técnicos para dichos reconocimientos, y sus modificatorias.
- Decreto 4728 de 23 de diciembre de 2010 reforma el Decreto 3930 de 2010. Permiso para Vertimientos al Recurso Hídrico, al Suelo y a los Alcantarillados.
- Guía de Manejo Ambiental de Proyectos de Infraestructura, Sub - sector Vial. (Versión 2011).
- Ley 1682 de 2013. Ley de Infraestructura, "Por la cual se adoptan medidas y disposiciones para los proyectos de infraestructura de transporte y se conceden facultades extraordinarias".
- Decreto 2613 del 20 de noviembre de 2013, "Por el cual se adopta el protocolo de coordinación interinstitucional para la consulta previa".
- Decreto 2041 de 2014 Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales.
- Decreto 770 de 2014 por la cual se establece un listado de cambios menores o ajustes normales en proyectos del sector de infraestructura de transporte que cuente con licencia o su equivalente.

- Decreto 769 de 2014 Por la cual se listan las actividades de mejoramiento en proyectos de infraestructura de transporte.
- Resolución 7310 del 15 de octubre de 2015 "por la cual se establecen los criterios para la elaboración de gestión socio predial con miras a compensar los impactos sociales generados en la adquisición de áreas requeridas para la ejecución de proyectos a cargo del Instituto Nacional de Vías -INVIAS", y sus modificatorias.
- Ley 1755 del 30 de junio de 2015 "por medio de la cual se regula el derecho fundamental a la petición y se sustituye un título del código de procedimiento administrativo y de lo contencioso administrativo.
- Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 "Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible"
- Resolución 7310 del 15 de octubre de 2015, "Por la cual se fijan métodos, parámetros, criterios y procedimientos para la implementación del plan de gestión social, con miras a compensar los impactos sociales derivados del proceso de adquisición predial por motivos de utilidad pública de la que habla la ley 1682 de 2013 para la ejecución de proyectos de infraestructura, a cargo del Instituto Nacional de Vías -INVIAS-
.
- Resolución 09337 del 20 de diciembre de 2016, por la cual se adopta el Manual de Interventoría de Obra Pública de INVIAS.
- Resolución 2182 del 23 de diciembre de 2016 "Por la cual se modifica y consolida el Modelo de Almacenamiento Geográfico contenido en la Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales y en el Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos.
- Resolución 1669 del 15 de agosto de 2017, "Por la cual se adoptan los Criterios Técnicos para el uso de Herramientas Económicas en los proyectos, obras o actividades objeto de Licencia ambiental o Instrumento Equivalente y se adoptan otras determinaciones"
- Ley 1882 del 15 de enero de 2018, "Por la cual se adicionan, modifican, y dictan disposiciones orientadas a fortalecer la contratación pública en Colombia, la ley de infraestructura y se dictan otras disposiciones".
- Resolución 256 del 22 de febrero de 2018, "Por la cual se adopta la Actualización del Manual de Compensaciones Ambientales del Componente Biótico y se toman otras determinaciones"
- Resolución 1402 del 25 de Julio de 2018, "Por medio del cual el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible adopta la nueva Metodología para la elaboración y presentación de estudios ambientales" identificadas
- Demás Leyes o Normas aplicables.

VOLUMEN VIII. AREAS DE AFECTACION PREDIAL

CAPITULO 1 OBJETIVOS Y ALCANCE

CAPITULO 2 ANÁLISIS ECONÓMICO

CAPITULO 3 DEFINICIÓN DE LA ESTRATÉGIA

CAPITULO 4 ENTREGABLES

CAPITULO 1 OBJETIVOS Y ALCANCES

Objetivos

Identificar los posibles predios que serán afectados por cada una de las alternativas en estudio y los valores de mercado que se manejan en la zona a partir de fuentes primarias y secundarias.

Describir el tipo de zona en la cual se desarrollará cada alternativa a partir del análisis territorial.

Diagnosticar de manera preliminar la posesión y la identificación física en cada una de las alternativas a partir de la revisión de registros 1 y 2.

Cuantificar los costos estimados de gestión para cada una de las alternativas establecidas.

Diseñar una estrategia de adquisición predial de acuerdo con las características propias del proyecto e identificar y clasificar las amenazas al proceso de adquisición predial.

Alcance

Formular un diagnóstico sobre la interacción entre las alternativas viales y el territorio de tal manera que se identifiquen los usos del suelo y la dinámica de desarrollo a lo largo de cada uno de los corredores viales analizados, las características físicas y jurídicas del territorio, la información catastral disponible y la estimación del valor de los terrenos para su posible adquisición. Asimismo, la incidencia y el impacto sobre la infraestructura existente o proyectada.

1. CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

Se debe hacer la caracterización por cada una de las alternativas con las siguientes variables:

1.1. INFORMACIÓN CATASTRAL

Identificar y cuantificar los predios en cada una de las alternativas propuestas a partir de la revisión de las planchas catastrales actuales o la información de los catastros descentralizados o gestores catastrales.

Determinar la dinámica del mercado inmobiliario, a nivel global, para proyectar el valor del terreno de las alternativas independizando los valores de acuerdo con los usos normativos encontrados en el análisis de los documentos de ordenamiento territorial, tomando como referencia la presencia de oficinas de finca raíz, agremiaciones de lonja, notarías, bancos y los que sean necesarios que permitan unificar una base de datos con fuentes debidamente verificables. Se debe generar una matriz que contenga mínimo la siguiente información:

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	TIPO DE SUELO	USO POR NORMA URBANÍSTICA	VALOR HA ó M2	FUENTE	OBSERVACIONES

Tabla 1: matriz valores del suelo.

***Nota:** Es necesario que el consultor complemente dicha matriz con más información que permita un mejor análisis, con mínimo 3 fuentes.

Suministrar la información catastral en términos de cartografía básica, temática, imágenes de satélite, fotografías aéreas, vigencia de la actualización o formación catastral.

La información será entregada mediante archivos editables, PDF y shapefiles según corresponda.

1.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICA

1.2.1. Mercado inmobiliario

Indicar la presencia de oficinas de finca raíz, agremiaciones de lonja, notarías, bancos, etc., con el fin de establecer un banco de datos de proveedores de valores de mercado inmobiliario en la zona.

1.2.2. Acción urbanística

Apoyándose en el uso de imágenes de satélite o de sensores remotos identificar las unidades constructivas existentes sin tener un contacto directo con los habitantes de la zona con el fin de establecer un censo preliminar de unidades constructivas y minimizar la expectativa que genera la construcción de una obra nueva.

Describir el tipo de zona en la cual se desarrollará cada alternativa, clasificar los usos del suelo del área susceptible a compra (rural, urbano, expansión), así como la aptitud en cuanto a actividades económicas de los predios afectados, determinar el estado de la zona en cuanto a servicios públicos disponibles.

Identificar los usos del suelo en cada una de las alternativas, conforme a los planes de ordenamiento territorial (POT, PBOT, EOT). Es importante verificar si se presentan limitaciones por determinantes de mayor jerarquía en temas ambientales, riesgo, infraestructura, patrimonio. Esta información servirá para analizar la caracterización económica de éste volumen.

1.2.3. Cobertura de La Tierra.

Caracterizar y clasificar con base en la metodología *Corine Land Cover*, el uso y cobertura de La Tierra a través del uso imágenes de resolución media para el área de estudio a un nivel semidetallado, es decir escala 1:25000

1.2.4. Concentración de la propiedad.

Describir la concentración de la propiedad en los términos de la Unidad Agrícola Familiar y consultar las áreas mínimas de parcelación, subdivisión y loteo establecidas por las oficinas de planeación municipal del corredor objeto de estudio e indicar su principal actividad comercial a nivel rural, urbano y expansión urbana. Identificar si existen agremiaciones agropecuarias en la zona, es decir cómo están organizados los ganaderos y/o

agricultores de la zona de influencia.

1.2.5. Análisis del plan de desarrollo.

Analizar los planes, programas y proyectos que tengan alguna injerencia en las áreas donde están localizadas las diferentes alternativas del proyecto y que pueden presentar conflictos con los (EOT, PBOT o POT, según corresponda).

1.3. INFORMACIÓN JURÍDICA

1.3.1. Información Jurídico catastral

Con la información contenida en los registros R1 y R2 del IGAC; sin la adquisición de títulos, folios matrices y/o segregados, se realiza el análisis de la información de los predios objeto de intervención para determinar el área catastral del predio, titular del derecho registrado por las oficinas catastrales, número de matrícula inmobiliaria entre otros.

Alternativa N 1....N			
Id	Código predial	Tipo de tenencia	Propietario o poseedor

Tabla 2: Información jurídico catastral

Nota: *Es necesario que el consultor complemente dicha matriz con más información.

**Se debe generar una tabla por cada alternativa.

Establecer a partir de la información analizada en registros 1 y 2, las páginas oficiales del SIAC, parques naturales y demás fuentes consultadas, los posibles inconvenientes que puedan afectar el cronograma de la gestión predial, así como soluciones a las mismas.

1.3.2. Inventario de entidades.

Localizar las entidades existentes en el área de estudio con el fin de anticipar las acciones legales ante procesos judiciales tales como juzgados, inspecciones de policía, Notarias, Oficina de registros e instrumentos públicos. La información deberá reflejar la gobernabilidad de la zona y la administración de justicia.

1.3.3. Naturaleza del predio

Establecer a partir de la información analizada en registros 1 y 2, la relación jurídica existente entre las personas y el predio, verificación del carácter de la propiedad (PH o NPH), identificación de predios baldíos, fiscales y de uso público y las acciones para los procesos de adquisición predial.

CAPITULO 2 ANÁLISIS ECONÓMICO

Identificar los costos estimados de la gestión predial a partir de la identificación del número de predios por cada una de las alternativas establecidas con base en los valores del apéndice de la gestión predial vigente

a la fecha del estudio.

2. DEFINICIÓN DE LA ESTRATEGIA

Diseño de la estrategia de adquisición predial de acuerdo con las características propias del proyecto a partir de la información recopilada considerando el alcance del proyecto, las características de la zona de interés, los riesgos, el tiempo y el costo desde el punto de vista de la gestión predial.

Identificación de riesgos:

Identificar y clasificar las amenazas al proceso de adquisición predial y establecer las acciones que prevengan, mitiguen o corrijan ese nivel de amenaza.

Localizar las áreas de mayor y menor riesgo para el proceso de adquisición predial.

Proponer las acciones que permitan agilizar el proceso de adquisición predial mediante la presentación de una estructura desglosada de trabajo que contenga tiempos estimados para cada actividad, recursos y personal necesario y costos.

CAPITULO 3 ENTREGABLES

En el desarrollo técnico de este volumen el consultor deberá entregar toda la información solicitada y adicionar información pertinente, procedente y útil, debidamente soportada, que pueda mejorar las alternativas planteadas desde el componente predial.

Adicional a esto, deberá entregar un informe de acuerdo con los lineamientos indicados en este documento para cada una de las alternativas propuestas que contenga la siguiente información:

- Resumen técnico predial donde se identifiquen los predios afectados por cada una de las alternativas y matriz de valores del suelo.
- Diagnostico territorial donde se incluyan aspectos normativos en materia del uso del suelo que involucre las imágenes de satélite, fotografías aéreas y la información catastral analizada y demás aspectos considerados en el documento.
- Diagnóstico jurídico a partir del análisis de los Registros 1 y 2 según lo mencionado en el documento.
- Evaluación económica preliminar de la gestión.
- Estrategia de adquisición predial y diagnóstico de riesgos del proceso de gestión predial.
- Conclusiones y observaciones del análisis que involucre la información catastral histórica contrastada con la obtenida en el análisis realizado y el estudio fotográfico.
- Proponer la alternativa optima en tiempo y costo

VOLUMEN IX. ESTUDIO DE ANÁLISIS DE RIESGOS Y SOSTENIBILIDAD

• ANÁLISIS DE RIESGOS

El Informe Final de ANÁLISIS DE RIESGOS a nivel de Fase I, debe considerar los siguientes capítulos:

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES

CAPITULO 2. METODOLOGIA DEL ESTUDIO

CAPITULO 3. ESTABLECER EL CONTEXTO

CAPITULO 4. IDENTIFICACION Y CLASIFICACION DE LOS RIESGOS

CAPITULO 5. EVALUACION Y CALIFICACION DE LOS RIESGOS

CAPITULO 6. CONSTRUCCION DE LA MATRIZ DE RIESGOS

CAPITULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES

OBJETIVO

Identificar y clasificar con base en información secundaria los riesgos previsibles que impactaran durante la ejecución del futuro corredor por la implementación de los diferentes escenarios y alternativas planteadas, para elaborar la matriz de riesgos previsibles del proyecto estableciendo en ella un nivel de probabilidad e impacto a nivel preliminar.

ALCANCE

El Consultor empleando información secundaria, deberá identificar los riesgos y amenazas, que puedan desencadenar eventos que afecten en la etapa de ejecución del proyecto los corredores identificados y documentar sus características más representativas. De igual forma, deberá realizar un análisis preliminar para estimar la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo, identificando el impacto que tendría en la infraestructura del proyecto.

El Consultor deberá elaborar y cuantificar una estrategia preliminar de administración del riesgo previsible, incluyendo criterios y medidas de gestión y mitigación, usando como referencia estudios de riesgos de proyectos similares o del área en la que se localizará el proyecto.

CAPITULO 2. METODOLOGIA DEL ESTUDIO

El consultor con la aprobación de la Interventoría deberá ajustar el contenido y desarrollo del volumen que hace parte de estos estudios y diseños, a la presente documentación técnica existente sobre riesgos, u otras aplicables a las condiciones del sitio de ejecución del proyecto.

Manual para la Identificación y Cobertura del Riesgo en los Procesos de Contratación de Colombia Compra Eficiente, el cual, ofrece lineamientos y principios metodológicos de manejo y en la gestión de Riesgos en el Proceso de Contratación y en el cual tiene en cuenta el Documento Conpes 3714 de 2011.

Guía para la administración del riesgo y el diseño de controles en entidades públicas del Departamento Administrativo de la Función Pública de octubre de 2018.

CAPITULO 3. ESTABLECER EL CONTEXTO

El consultor deberá identificar el contexto bajo el cual interactúa el proyecto, que incluya entre otros,

los aspectos que se mencionan a continuación y los posibles efectos adversos que estos pueden generar.

- El objeto y alcance del proyecto
- Disponibilidad de recursos
- Tipo de Contratación
- Las condiciones geográficas y de acceso del lugar en el cual se debe cumplir el objeto del proyecto
- El entorno socio ambiental
- Condiciones geológicas, geotécnicas e hidrogeológicas del sector (VER ANEXO 1 –GESTIÓN DEL RIESGO)
- Las condiciones políticas
- Los factores ambientales
- Enfoque de sostenibilidad
- Estudio de mercado del sector objeto del proyecto
- Experiencia propia y de otras Entidades en proyectos similares
- Normatividad aplicable

CAPITULO 4. IDENTIFICACION Y CLASIFICACION DE LOS RIESGOS

Una vez establecido el contexto, el consultor debe identificar e incluir a nivel preliminar en la matriz a proponer los riesgos contractuales del proyecto. Para lo cual, el consultor deberá contar con el personal con el conocimiento adecuado sobre administración del riesgo.

Son fuente de información para la identificación de los riesgos previsibles de la ejecución del contrato los documentos precontractuales de proyectos similares, el conocimiento de obras o actividades similares, la información histórica de procesos similares, la información externa asociada a la ubicación geográfica de la obra, situación ambiental, social y de desarrollo, las normas, las comunicaciones, proveedores de materiales y servicios, planes estratégicos, planes de acción, reportes de desempeño, presupuestos, riesgos identificados por otras Entidades, lluvia de ideas, paneles de expertos cuando la complejidad del proyecto lo exige, análisis DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas), encuestas y cuestionarios.

Una vez identificados los riesgos, el Consultor debe clasificarlos según: clase, fuente, etapa del proyecto, y tipo de riesgo.

Por último, el consultor deberá describir cada uno de los riesgos y determinar las posibles consecuencias de su ocurrencia, probabilidad, impacto, y valoración preliminar.

CAPITULO 5. EVALUACION Y CALIFICACION DE LOS RIESGOS

El consultor deberá evaluar cada uno de los riesgos identificados, estableciendo el impacto de los mismos frente al logro de los objetivos del proyecto y su probabilidad de ocurrencia. Esta evaluación tiene como fin asignar a cada riesgo una calificación en términos de impacto y de probabilidad, la cual permite establecer la valoración de los riesgos identificados y plantear las acciones a nivel preliminar para mitigar el impacto durante la ejecución del proyecto.

Para estimar el impacto y la probabilidad de ocurrencia de un evento que afecte de manera negativa el proyecto, se sugiere considerar fuentes de información como: registros anteriores de la ocurrencia del evento identificado, experiencia en proyectos similares, prácticas y experiencia en el sector en el manejo del riesgo identificado, publicaciones o noticias sobre la ocurrencia del riesgo identificado, opiniones y juicios de especialistas y expertos, estudios técnicos, entre otros.

El consultor deberá evaluar los riesgos combinando la probabilidad de ocurrencia y el impacto del evento para:

Asignar una categoría a cada riesgo de acuerdo con la probabilidad de ocurrencia. El consultor puede utilizar las fuentes de información sugeridas anteriormente, métodos cuantitativos con diferentes metodologías que arrojen otros resultados y complementen los resultados de la matriz de evaluación de riesgos.

Determinar el impacto del riesgo, desde el punto de vista de la calificación cualitativa del efecto del riesgo.

CAPITULO 6. CONSTRUCCION DE LA MATRIZ DE RIESGOS

El producto de este análisis será la constitución y presentación de la matriz de riesgos para cada uno de los corredores objeto del estudio a nivel de esta fase del proyecto. Tal como se describe en las Tablas No. 1 y 2.

N°	Clase	Fuente	Etapas	Tipo	Descripción (Qué puede pasar y, cómo puede ocurrir)	Consecuencia de la ocurrencia del evento	Probabilidad	Impacto	Valoración del riesgo	Categoría	¿A quién se le asigna?	Tratamiento/Controles a ser implementados	Impacto después del tratamiento				¿Afecta la ejecución del contrato?	Persona responsable por implementar el tratamiento	Fecha estimada en que se inicia el tratamiento	Fecha estimada en que se completa el tratamiento	Monitoreo y revisión	
1													Probabilidad	Impacto	Valoración del riesgo	Categoría					¿Cómo se realiza el monitoreo?	Periodicidad ¿Cuándo?
2																						
3																						

Tabla 1. Matriz de Riesgo de CCE

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS MATRIZ DE RIESGOS PRELIMINAR

PROCESO:

OBJETO:

No.	CLASE	FUENTE	ETAPA	TIPO	DESCRIPCIÓN	CONSECUENCIA DE OCURRENCIA DEL EVENTO	PROBABILIDAD	IMPACTO	VALORACION	CATEGORÍA

Tabla 2. Matriz de Riesgos de Proyectos INVIAS

CAPITULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El producto de este volumen será un insumo fundamental preliminar para la construcción de la matriz de riesgos que acompañará el proceso de contratación, el cual deberá ser profundizado en etapas posteriores de Estudios y Diseños y será una valiosa herramienta para dirimir futuras diferencias entre la Entidad y los contratistas en caso de manifestación de riesgos en la ejecución del proyecto.

El Consultor debe formular las recomendaciones a tener en consideración durante las siguientes etapas y las estrategias para mitigar el riesgo.

VOLUMEN SOSTENIBILIDAD

FASE I

CAPITULO 1.	OBJETIVO Y ALCANCES
CAPITULO 2.	GENERALIDADES
CAPITULO 3	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD PARA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE SOSTENIBLE
CAPITULO 4	LINEAMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE SOSTENIBLE
CAPITULO 5	CRITERIOS ESPECÍFICOS DE SOSTENIBILIDAD DEL ESTUDIO
CAPITULO 6	ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS A LA SOSTENIBILIDAD
CAPITULO 7	ANÁLISIS DE BENEFICIO COSTO CON ENFOQUE DE SOSTENIBILIDAD Y ALTERNATIVAS DE FINANCIACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES
CAPITULO 8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES

OBJETIVO

El objetivo del presente estudio es incluir criterios de sostenibilidad en las dimensiones técnica, ambiental, social, económica y financiera para la Fase de Pre factibilidad de los proyectos de infraestructura de transporte a cargo del Instituto Nacional de Vías – INVIAS, en armonía con lo establecido en la política de sostenibilidad del instituto, adoptada por la resolución 405 del 13 de febrero de 2020, así como la normatividad y los lineamientos nacionales e internacionales vigentes en relación con el desarrollo de Infraestructura Sostenible.

ALCANCE

Incluir lineamientos y criterios de sostenibilidad desde la concepción de la idea misma del proyecto en la FASE I, de manera tal que sean incorporados y desarrollados en la o las alternativas que planteen el consultor en la etapa de prefactibilidad. Esto implica que el componente de sostenibilidad al ser transversal en todo el proyecto debe considerarse en todos los volúmenes del estudio.

CAPÍTULO 2. GENERALIDADES

En este apartado se presentan los requerimientos técnicos, ambientales, sociales, económicos y financieros, integrados en un solo documento para la etapa de prefactibilidad (NDA y DAA), que como mínimo debe considerar el Consultor en el proceso de análisis y evaluación de cada alternativa.

Los criterios incorporados deben reflejar el compromiso del Instituto con el desarrollo sostenible, en concordancia con los fines esenciales y derechos establecidos en la constitución Política y la legislación vigente relacionados con la protección de las riquezas culturales y naturales de la nación, así como un ambiente sano.

Según jurisprudencia de la Corte Constitucional (C-431 de 2000, C-041 de 2017 y C-048-18) el derecho al ambiente sano impone obligaciones especiales al Estado, tales como: 1) proteger su diversidad e integridad, 2) salvaguardar las riquezas naturales de la Nación, 3) conservar las áreas de especial importancia ecológica, 4) fomentar la educación ambiental, 5) planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para así garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución, 6) prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, 7) imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados al ambiente y 8) cooperar con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas de frontera.

Para la elaboración del volumen de sostenibilidad, el consultor deberá en primera instancia definir y desarrollar la metodología de evaluación y seguimiento de la sostenibilidad en la cual se deberá integrar los criterios de sostenibilidad en los demás volúmenes, integrando los componentes técnico, ambiental, social, económico y financiero.

Deberá adoptar el concepto de *infraestructura de transporte sostenible* entendido como el desarrollo de los modos de transporte carretero, férreo, fluvial y marítimo que son planificados, diseñados, construidos, operados y desmantelados, en equilibrio con las dimensiones técnica, social, ambiental, económica y financiera, con el fin de elevar el bienestar social y el crecimiento económico, sin agotar la base de los recursos naturales renovables.

Asimismo, tendrá en cuenta el concepto de *infraestructura verde* el cual se refiere a una red de zonas naturales y seminaturales y de otros elementos ambientales, que presta una extensa gama de servicios ecosistémicos. El concepto *servicio ecosistémico* implica todos los servicios que nos brinda la naturaleza a partir de los ecosistemas (Comisión Europea).

Lo anterior implica, incorporar criterios de sostenibilidad desde las fases tempranas del proyecto con el fin de evitar impactos negativos a largo plazo en las personas, el ambiente o sobre el mismo proyecto.

Estos requerimientos tienen un carácter genérico y en consecuencia deben ser adaptados a la magnitud y otras particularidades del proyecto, así como a las características ambientales regionales y locales en donde se pretende desarrollar.

Para la elaboración del presente volumen, el Consultor deberá tener en cuenta la normatividad legal y técnica relacionada con desarrollo sostenible, con base en el análisis del alcance del proyecto.

CAPITULO 3. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD PARA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE SOSTENIBLE A FASE 1

El consultor deberá en primera instancia, proponer una metodología de evaluación de la sostenibilidad para la concepción, viabilidad y diseño del proyecto para la alternativa o alternativas establecidas, que integre los lineamientos y criterios de sostenibilidad, asociada a la metodología general de selección establecida por la autoridad ambiental. La ponderación que genere el consultor al componente de sostenibilidad deberá considerar la sensibilidad ambiental y la valoración sustentada de todos los servicios eco sistémicos del área de influencia del proyecto.

Los métodos de medición de la sostenibilidad de un proyecto están orientados a otorgar la información necesaria para una adecuada toma de decisiones, presentando la opción que tenga las mejores condiciones técnicas, ambientales, sociales y económicas a lo largo del ciclo de vida del proyecto, con el fin de causar un mayor impacto positivo minimizando impactos negativos, con el objeto de satisfacer las necesidades actuales sin poner en riesgo las necesidades de las generaciones futuras.

Para la valoración, el consultor deberá partir de un diagnóstico de las interacciones de la infraestructura existente con los medios físico, biótico y socio económico, con el fin de formular medidas de manejo de carácter preventivo y correctivo con base en consideraciones ambientales, sociales, tecnológicas y de ingeniería.

La metodología planteada y desarrollada por el consultor deberá establecer un análisis costo-beneficio relacionado con la implementación de criterios de sostenibilidad, nuevas tecnologías e innovación, para el

desarrollo del proyecto. Dentro de este análisis se deberá incluir los beneficios de incorporar acciones de prevención, así como las actividades de mantenimiento necesarias para asegurar la implementación y operatividad de la infraestructura, durante la vida útil establecida (sostenibilidad financiera, sostenibilidad técnica, sostenibilidad social y sostenibilidad ambiental).

La implementación y desarrollo de la metodología de evaluación de la sostenibilidad para el proyecto debe contribuir a:

- Cuantificar y demostrar los beneficios de la infraestructura sostenible
- Establecer menores impactos o repercusiones negativas en la comunidad y el medio ambiente.
- Mayor viabilidad a largo plazo mediante el aumento de la resiliencia (tener en cuenta las condiciones cambiantes).
- Reducir los costos y los riesgos a largo plazo.
- Obtener una mayor confianza y participación pública para la aceptación del proyecto.
- Estimular la innovación significativa y cambiante.

Dentro de las metodologías a proponer se sugiere revisar:

- **ENVISIÓN** –SISTEMA DE CALIFICACIÓN DE INFRESTRUCTUAS SOSTENIBLES (ISI Y UNIVERSIDAD DE HARVARD).
- **INVEST**-HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN VOLUNTARIA DE SOSTENIBILIDAD DE INFRAESTRUCTURA
- **CEEQUAL** (PROYECTOS DEL REINO UNIDO E IRLANDA/PROYECTOS INTERNACIONALES)
- **ISCA** - ESQUEMA DE EVALUACIÓN INFRAESTRUCTURA SOSTENIBLE DEL CONSEJO DE SOSTENIBILIDAD DE INFRAESTRUCTURA DE AUSTRALIA
- **TSI**- TECHNICAL SUSTAINABILITY INDEX
- **SUSAIP**-SUSTAINABLE APPRAISAL IN INFRASTRUCTURE PROJECTS
- **SURE** ESTÁNDAR PARA LA INFRAESTRUCTURA

Las demás metodologías que considere el consultor revisar de acuerdo con las condiciones del proyecto a desarrollar.

La información generada en este capítulo alimentará el volumen de NDA o DAA en los puntos en donde se considere, para lo cual capítulo a capítulo de los Términos de referencia para la elaboración del Diagnóstico Ambiental de Alternativas – DAA, para los proyectos lineales de Infraestructura de Transporte que se encuentre vigentes al momento de la entrega de los proyectos a INVIAS, para lo cual se deberá verificar lo pertinente. Actualmente, se encuentran identificados con el código con el TDR 022, adoptados mediante la resolución 1258 del 10 de julio de 2018.

CAPITULO 4. LINEAMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE SOSTENIBLE A FASE 1

El consultor deberá realizar un análisis completo de cada alternativa, definiendo trazados que generen el mínimo impacto posible al medio natural y social, cuyos diseños estén conceptuados bajo el criterio de optimización de consumo de recursos, uso de materiales alternativos más amigables con el ambiente, considerando la oferta ambiental y social de la zona de estudio con un enfoque de sostenibilidad, entendiendo que la naturaleza y el medio ambiente no son una fuente inagotable de recursos, siendo necesario su protección y uso racional. En el mismo sentido el diseño de cada alternativa deberá incluir la infraestructura

asociada requerida que permita promover el desarrollo social, buscando la cohesión entre comunidades y culturas del área de influencia del proyecto.

El consultor deberá dentro del análisis de la infraestructura sostenible, considerar como mínimo los siguientes aspectos:

- Tener en cuenta que la infraestructura es económicamente sostenible si genera un equilibrio entre el rendimiento económico neto positivo y la protección de los servicios ecosistémicos a largo plazo, a partir de una adecuada valoración económica, teniendo en cuenta todos los beneficios y costos durante el ciclo de vida del mismo.
- Las alternativas propuestas deberán considerar como variable de selección el costo asociado tanto a las actividades de construcción como de operación del proyecto, propendiendo seleccionar alternativas técnicamente viables que generen el menor impacto al medio y con el menor costo posible. Para la fase de operación específicamente, el costo de mantenimiento de la infraestructura, deberá ser el mínimo y en ningún caso deberá implicar invertir en su reposición dentro de la vida útil proyectada.
- Para la identificación de alternativas, el Consultor deberá considerar las que promuevan el transporte intermodal y limpio. Incluyendo entre estas, las que consideren fortalecer los medios de transporte fluvial, marítimo y férreo, así como otras modalidades de transporte no convencionales, promoviendo la movilidad eléctrica y en general las que generen menos emisiones de Gases de Efecto Invernadero -GEI-.
- Buscar alternativas de conexión que generen el menor impacto sobre los ecosistemas, en particular los estratégicos. Se deberá incorporar el concepto de infraestructura verde que permita mitigar las afectaciones sobre las áreas sensibles, identificar las zonas factibles a ser compensadas y manejadas correctamente y permitir la conectividad de los diferentes hábitats inicialmente impactados por el proyecto.
- En cuanto a los recursos naturales efectuar un análisis respecto a la valoración y cuantificación del uso de los mismos, así como el impacto que se puede generar por la implementación de cada alternativa proyectada. Es de resaltar, que el diseño de la infraestructura sostenible siempre debe propender por el menor consumo y afectación de los recursos.
- Investigar e incorporar en los diseños nuevos materiales alternativos aplicables a cada alternativa, que sean factibles de implementar según criterios técnicos, ambientales, económicos y disponibilidad de obtención.
- Para cada alternativa propuesta los diseños, se deberán incorporar el concepto del manejo del agua lluvia con un enfoque regional, evaluando la acción de la misma en la parte más alta de la cuenca asociada al proyecto, formulando acciones tendientes a incrementar la cobertura vegetal en las zonas ambientalmente estratégicas que se identifiquen, contribuyendo así al desarrollo de la infraestructura sostenible.
- Identificar y analizar los riesgos de la sostenibilidad para cada alternativa cuantificando su impacto y las respuestas que deben ser desarrolladas para su manejo.
- Incluir en el diseño de alternativas criterios de innovación y tecnología, en concordancia con lo establecido en la Ley 1286 del 2009 (o la que la modifique o sustituya) que estableció incrementar la capacidad científica, tecnológica y de innovación, para elevar el bienestar de la población, así como dar valor agregado a los productos y servicios nacionales.
- Formular las alternativas manteniendo un enfoque de conectividad regional que involucre las necesidades productivas y de accesibilidad de las comunidades locales, así como el transporte inclusivo (atendiendo a grupos poblacionales específicos y sus necesidades diferenciales) y aquel que contribuya a la integración de las comunidades étnicas y la garantía de sus derechos. Lo anterior, teniendo en cuenta el menor impacto sobre los ecosistemas y los recursos naturales.
- Analizar de forma sistemática, el contexto de relaciones sociales y políticas para cada alternativa, de tal forma que pueda estimar si los diferentes trazados pueden generar o agravar los conflictos,

tensiones y desigualdades existentes o comprometer la seguridad de las comunidades. Lo anterior incluye la identificación de grupos ilegales.

- Construir con criterios de polifuncionalidad de la Infraestructura, incluyendo funciones educativas, recreativas, turísticas, entre otras.

CAPÍTULO 5. CRITERIOS ESPECÍFICOS DE SOSTENIBILIDAD DEL ESTUDIO A FASE 1

El consultor deberá considerar los siguientes criterios específicos en cada alternativa, como mínimo:

1. DIMENSIÓN AMBIENTAL

a. Protección de la Biodiversidad y conectividad ecológica

El consultor deberá identificar para cada una de las alternativas de estudio, iniciativas institucionales en infraestructura verde relacionadas con estudios en conectividad ecosistémica para la creación de redes de ecosistemas con corredores verdes, arborización, y espacios verdes, asociados al proyecto. Además de incorporar las iniciativas institucionales de conservación, restauración y reforestación en el área de influencia del proyecto, resaltando las zonas de importancia ambiental, para no afectarlas y propendiendo por el menor consumo y afectación de los recursos naturales en el desarrollo del proyecto.

De acuerdo, a la información secundaria y visitas de campo realizadas para la elaboración del documento para la Fase de Prefactibilidad del proyecto, se identificarán las zonas de interés del estudio biótico, estableciendo los sitios de mayor sensibilidad de corredores biológicos y conectividad ecológica.

• Manejo de Fauna

Con la información obtenida de conectividad ecológica a escala 1:10.000 y en su defecto 1:25.000 se deberá realizar un análisis de fragmentación de hábitats, integrando la información suministrada por la Subdirección de Medio Ambiente y Gestión Social - SMA con relación al aplicativo de SUKUBUN de avistamiento y atropellamiento de fauna (siempre y cuando se cuente con reportes específicos en la zona del proyecto), que permita establecer los puntos de mayor incidencia y de posibilidad de atropellamiento de fauna silvestre en los cuales se ubicaran cámaras trampa durante el periodo necesario para confirmar las zonas de sensibilidad biológica factibles a ser impactadas por cada alternativa y que podrían requerir un pasos de fauna tipo.

Con base al análisis anterior, el consultor deberá proponer de forma preliminar:

- Alternativas de manejo para conectar corredores biológicos reduciendo el fenómeno de fragmentación, a través de las compensaciones que resulten por el aprovechamiento de los recursos naturales provenientes de los diferentes permisos otorgados al proyecto por parte de las autoridades ambientales.
- Alternativas de protección de la biodiversidad a través de infraestructura tipo para la fauna silvestre, como pasos aéreos, secos terrestres o acuáticos, señalización, enmallamientos, medidas tecnológicas de ahuyentamiento, entre otros.

Con lo anterior, se elaborará una proyección de la compensación a establecer para cada alternativa, con base en el manual de compensación por pérdida de la biodiversidad, con los costos estimados asociados a la implementación.

b. Compensaciones ambientales

En el caso que el proyecto tenga que realizar compensaciones ambientales por uso de recursos naturales y/o permisos otorgados, se deberá proponer de forma preliminar la estrategia de compensación que contribuya a la conectividad ecológica de acuerdo al numeral a) *Protección de la Biodiversidad y conectividad ecológica*, según las condiciones del proyecto y la zona, en donde se sugiere revisar nuevas alternativas de compensación más sostenibles como bancos de hábitat, BanCO2, compra de predios estratégicos ambientalmente, entre otros, teniendo en cuenta los criterios que propone el INVIAS y de conformidad con la normatividad ambiental vigente.

c. Conservación del recurso hídrico local

El consultor deberá identificar de forma preliminar, alternativas para la implementación del uso de tecnologías y buenas prácticas socioambientales para la conservación de los cuerpos de agua.

d. Gestión del riesgo y variabilidad climática

El consultor deberá realizar un análisis preliminar del riesgo y la variabilidad climática de la zona donde se desarrollará el proyecto, adicionalmente se evaluará la incorporación de los conceptos de infraestructura resiliente proponiendo alternativas del posible uso de nuevas tecnologías relacionadas con materiales, estabilización de taludes, geotecnia, y sistemas de monitoreo del riesgo, que permitan una mayor adaptabilidad de la infraestructura de transporte al cambio climático, enfatizando en el análisis de los periodos de retorno.

e. Certificaciones ambientales

El consultor deberá presentar certificaciones y sellos verdes para la parte administrativa del proyecto.

2. DIMENSIÓN SOCIAL

a) Identificación del marco de política y legal

El consultor deberá analizar el marco de política y legal del futuro proyecto de infraestructura de transporte que contribuya a comprender su contexto de ejecución. Entre otros aspectos deberá indicar la forma en que se integra o no, con las políticas y planes de los diferentes niveles territoriales y de gobierno, entre la que se incluye la normatividad relacionada con Zonas de Reservas Campesinas y la establecida en desarrollo del Acuerdo Final para la Terminación del Conflicto y la Construcción de la PAZ.

En el nivel municipal, el contratista deberá identificar los proyectos de desarrollo local y regional que coincidan con el área del proyecto; también deberá identificar la existencia de pasivos y compromisos institucionales no resueltos que puedan interferir en su realización.

Finalmente, deberá identificar la forma en que el proyecto interactúa con los objetivos de desarrollo sostenible y el Acuerdo de Paris.

b) Identificación y caracterización de partes interesadas

El consultor deberá aplicar una metodología que le permita identificar y caracterizar las distintas partes afectadas e interesadas alrededor del proyecto. Deberá registrar si la parte es afectada o interesada, relevancia, capacidad para condicionar el proyecto, intereses, nivel de apoyo, desacuerdos y cauces previstos para su participación.

Una vez surtida esta fase, deberá formular una estrategia para el abordaje y participación de partes interesadas, que involucrará de forma sistemática a grupos y personas con mayor vulnerabilidad, sin limitarse

a representantes de la comunidad. Dicha estrategia debe señalar los métodos, momentos claves y niveles de participación y consulta; interlocutores representativos y con reconocimiento social; y alcance de la información a comunicar, partiendo de métodos confiables y sistemáticos.

El consultor deberá estimular la participación haciendo uso de variadas técnicas que faciliten el entendimiento de los alcances del proyecto y que permitan la recolección de los conocimientos y aportes de personas y grupos de interés.

Así mismo, el consultor analizará y describirá en detalle, cómo los conocimientos, aportes y expectativas de las distintas partes interesadas son tenidas en cuenta en el desarrollo del proyecto.

Cabe resaltar que el consultor deberá realizar las actividades requeridas tendientes a desarrollar la estrategia de participación con partes interesadas, teniendo en cuenta la complejidad de la zona en donde se desarrolla el contrato de obra.

c) Participación social en la caracterización del área de estudio

El consultor se apoyará en procesos de participación social con actores estratégicos para identificar riesgos y posibles impactos significativos del proyecto. Entre los aspectos relevantes que deberá considerar, están: conflictividad social, seguridad vial, eventos críticos de origen social o socio natural ocurridos, localización de actividades humanas detonantes de fenómenos de remoción en masa y zonas de tránsito recurrente de poblaciones humanas y animales.

Este ejercicio de identificación debe acompañarse de la descripción de los eventos en términos de intensidad, duración, localización, frecuencia, desastres causados, poblaciones afectadas, efectos en el área de estudio, redes formales e informales de apoyo y las demás que se estime pertinentes, para profundizar en los análisis de riesgos e impactos del proyecto.

Para tal fin, deberá valerse de un método cualitativo que soporte los procesos de recolección y análisis de información.

Así mismo, el consultor deberá asociar la información capturada a una geodatabase (GDB) en una escala de detalle de 1:10.000 o en su defecto 1:25.000.

d) Enfoque diferencial

El enfoque diferencial reconoce que existen grupos poblacionales que, por sus condiciones y características (etnia, edad, sexo, identidad de género, discapacidad o por ser víctima del conflicto armado), son más vulnerables y requieren un abordaje ajustado a sus necesidades y particularidades para disminuir situaciones de inequidad.

Por tanto, el consultor deberá incorporar el enfoque diferencial en la identificación de impactos, así como en la formulación e implementación de las actividades del Plan de Adaptación de la Guía Ambiental.

Lo anterior implica considerar aspectos de género en la identificación y manejo de impactos en actividades como la localización de campamentos y demás instalaciones temporales; el registro de datos con enfoque poblacional; el desarrollo de un programa de inclusión social para procesos de vinculación laboral; y el diseño de actividades formativas y piezas de comunicación para promover la equidad poblacional entre los trabajadores y la comunidad.

En la capacitación que se imparta a los trabajadores del proyecto, se deberá incluir un código de conducta con enfoque de género.

e) Manejo de relaciones con trabajadores

El consultor deberá brindar mecanismos de comunicación a los trabajadores del proyecto para que planteen inquietudes sobre condiciones laborales y de trabajo, por tanto, establecerá un canal de atención, el cual será informado durante el proceso de inducción. Las respuestas y soluciones a las manifestaciones de los trabajadores deben darse de manera oportuna, objetiva y sin represalias

f) Formación para la sostenibilidad

El consultor aplicará una estrategia estructurada de formación dirigida a empleados y comunidad, para desarrollar y fortalecer competencias ciudadanías y capacidades técnicas en torno al desarrollo sostenible. Se deberán realizar actividades que generen interés de partes afectadas e interesadas, entorno al modelo de desarrollo sostenible, entre las cuales están:

Recorridos con profesionales de los componentes técnico, ambiental y social y actores estratégicos en el territorio para la identificación de puntos críticos que puedan incidir en la construcción y futura operación de la vía.

Economía circular: correcta separación de residuos, reducción del consumo, prolongación en el tiempo de los recursos y materiales, entre otros.

Jornadas de recolección de residuos: medicamentos vencidos, materiales electrónicos, papel, bombillas, entre otras, con la debida divulgación y capacitación sobre el tipo de residuos: (Sólidos y RESPEL)

Formación frente a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en particular los No. 5, 8, 9, 12,13 y 15.

g) Accesibilidad de la población

El consultor deberá evaluar con soporte en la participación de partes interesadas, los posibles impactos del proyecto sobre la movilidad y conectividad en términos de acceso en condiciones seguras a sitios de residencia, trabajo, equipamientos públicos, comercio y otros lugares deseados.

Con base en esta identificación, el contratista formulará medidas para prevenir, minimizar y mitigar impactos relacionados con la movilidad y conectividad de la población (barreras físicas, semáforos, puentes peatonales, señales informativas), con base en la identificación de necesidades y alternativas con partes interesadas.

h) Movilidad Sostenible

En suelos urbanos y suburbanos, el consultor deberá reconocer oportunidades para promover formas alternativas y sostenibles de transporte. Para tal fin indagará en el área de influencia del proyecto, zonas de tránsito recurrente de peatones, ciclistas y otros usuarios de transporte no motorizado.

Así mismo, propondrá alternativas para fomentar el transporte no motorizado a través de la construcción de rutas peatonales y redes de ciclo rutas o bici carriles en el área de influencia del proyecto de infraestructura.

Este apartado, en principio sólo aplica a proyectos que cruzan suelos urbanos y suburbanos. Se deberá revisar pertinencia y aplicabilidad en cada caso.

i) Preservación de sitios de significancia histórica, escénica, recreativa o natural

Con base en información secundaria, el consultor deberá determinar sitios de especial importancia histórica, escénica, recreativa o natural en el área de influencia del proyecto a partir de los cuales, sea factible promover rutas de acceso que estimulen las economías locales.

Analizará la viabilidad de realizar obras complementarias y ajustes a los diseños de obras para facilitar el acceso y disfrute a sitios de interés y al patrimonio urbano, arquitectónico, cultural, arqueológico y paleontológico. (rutas designadas con cualidades escénicas, naturales y / o recreativas significativas con el fin de mejorar el disfrute público de las instalaciones)

Este apartado no es aplicable a todos los proyectos. Se deberá revisar pertinencia en cada caso con base en la magnitud y condiciones del proyecto.

j) Negocios verdes

En el marco de las compensaciones sociales y de acuerdo con lo establecido en el Plan Nacional de Negocios Verdes del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible que nació en 2014, **los Negocios Verdes** son *“toda actividad económica en la que se ofertan bienes o servicios que generan impactos ambientales positivos y además incorporan buenas prácticas ambientales, sociales y económicas con enfoque de ciclo de vida, contribuyendo a la conservación del ambiente como capital natural que soporta el desarrollo del territorio”*, el consultor deberá evaluar la posibilidad de incluir esta directriz y formular alternativas para que las comunidades creen nuevos procesos productivos que no degraden el medio ambiente, sobre la base del aprovechamiento de las ventajas en materia de biodiversidad. (alimentos bio, bio materiales, reutilización de residuos, aprovechamiento forestal, viveros, entre otros).

Este apartado no es aplicable a todos los proyectos. Se deberá revisar pertinencia en cada caso con base en la magnitud y condiciones del proyecto.

3. DIMENSIÓN TÉCNICA

a. Trazados Sostenibles

i. Implementación de infraestructura verde y Ecodiseños

El consultor deberá identificar de forma preliminar en las alternativas de diseño, acciones para la posible incorporación de lineamientos de infraestructura verde e infraestructura verde vial complementarias a las obras grises, según evaluación y la factibilidad del proyecto. Se podrá proponer diseños tipo (Ecodiseños), para la futura construcción de campamentos, puntos SIGAU (Sistemas por módulos o paneles armables), entre otros, identificará el uso de materiales alternativos, reciclados siendo estos más amigables con el medio ambiente. Se resalta que el diseño deberá ir acorde al paisaje de la zona, con el fin de generar diseños sostenibles.

El consultor para cada alternativa incorporará en los diseños obras de infraestructura verde complementarias a las obras grises, según evaluación y la factibilidad del proyecto. Se resalta que el diseño deberá ir acorde al paisaje de la zona, con el fin de generar trazados sostenibles.

El consultor deberá proponer de forma preliminar en los diseños infraestructura que permita acciones de manejo integral del agua de lluvia fomentando la creación de ambientes más saludables. Por lo anterior, deberá determinar el área de la cuenca del sitio a intervenir e identificar contribuciones de escorrentía de y hacia cuencas aledañas. Los diseños deberán permitir coleccionar, esparcir, reducir la velocidad e infiltrar el agua de lluvia, de manera tal que puedan ser integradas en el diseño de la infraestructura y en las propuestas de

infraestructura verde que puedan ser implementadas (Muros verdes, humedales artificiales para tratamiento de aguas, entre otros).

También el consultor deberá tener en cuenta el concepto de ecodiseños que busca la integración de aspectos ambientales en el diseño y desarrollo del producto con el objetivo de reducir los impactos ambientales adversos a lo largo del ciclo de vida del proyecto de infraestructura de transporte, en donde se tenga en cuenta el medio ambiente como otro factor para tener en cuenta a la hora de la toma de decisiones durante el proceso de desarrollo de la infraestructura de transporte.

ii. Uso de áreas ya transformadas

El consultor deberá realizar un análisis preliminar de la viabilidad en las áreas que se encuentran actualmente en uso y que ya han tenido una transformación antropogénica, para dar prioridad de utilizar estas áreas en el desarrollo del proyecto de infraestructura de transporte y evitar el uso de áreas naturales y de ecosistemas estratégicos.

iii. Transporte Intermodal y Limpio

Para las alternativas, el Consultor deberá considerar acciones que promuevan el transporte intermodal y limpio dentro de los diseños preliminares.

b. Fomento y desarrollo de la innovación y tecnologías

i. Uso de tecnologías sostenibles

Teniendo en cuenta lo estipulado en la Ley 1955 de 2019 (Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022), artículo 173, sobre innovación de nuevas tecnologías en la infraestructura de transporte, y la Resolución 263 de 2020 del INVIAS “Por lo cual se determina el procedimiento para adoptar la regulación técnica de nuevas tecnologías para la infraestructura de transporte”, o la norma que la modifique o sustituya, la cual propone la implementación de un banco de información tecnológica y la generación de las especificaciones técnicas de las nuevas tecnologías, el consultor realizará un análisis preliminar por cada alternativa, las posibles tecnologías a implementar para el desarrollo del proyecto en donde se promueva el conocimiento científico y/o tecnológico para la ejecución del proyecto, por medio de la incorporación de pruebas piloto. Dentro de las áreas de aplicación de las tecnologías sostenibles o amigables el consultor deberá evaluar de forma preliminar la inclusión de los siguientes criterios:

- Materiales alternativos y reciclados

Para el modo carretero se deberá realizar el análisis preliminar de hacer uso de mezclas asfálticas permeables, mezclas bituminosas, mezclas de asfalto en frío y en tibio, escorias, geo celdas, rejuvenecedores de asfaltos, asfaltos naturales con grano de caucho, estabilizadores químicos y de fibra, tratamientos de caucho, y demás materiales que garanticen la conservación de las carreteras y la mejora de la seguridad vial.

En el caso del modo marítimo y fluvial se deberá analizar preliminarmente la posibilidad de hacer uso de materiales alternativos en embarcaderas de poliestireno de alta densidad con un porcentaje significativo de material reciclado, barreras de contención megabats, colchacretos, barretas anti-sedimentación, y demás materiales y estructuras que garanticen la conservación de la infraestructura marítima y fluvial.

- Tecnologías para la seguridad vial

- Tecnologías de monitoreo y vigilancia (monitoreo de fauna, gestión del riesgo, seguridad vial, ruido y calidad del aire, transporte, estaciones climatológicas, entre otras)
- Energías renovables

El consultor deberá considerar el uso de energía renovable (eólica, solar, biomasa-biogás, marítima, entre otras) que mejor se adapte a las condiciones climáticas, fisiográficas, socioambientales, económicas y técnicas asociadas a la alternativa o alternativas propuestas

Lo anterior en concordancia con la Ley 1715 de 2014 “Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional” o la ley que la modifique o sustituya o el Documento CREG 161 de 2016 por medio del cual se plantean las Alternativas para la integración de las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER) al parque generador colombiano.

- Geotecnia y estabilización de suelos
- Sistemas de transporte inteligente

Entre otras tecnologías que el consultor considere evaluar para su incorporación en el desarrollo de la infraestructura de transporte y que se encuentren en el marco de la sostenibilidad.

DIMENSIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA

Valor económico total positivo

El consultor deberá realizar para cada una de las alternativas una estimación preliminar los beneficios directos e indirectos de la implementación de la sostenibilidad. El consultor deberá incorporar en el análisis costo beneficio, las externalidades positivas de la implementación de los Lineamientos de Infraestructura Verde Vial – LIVV e implementación de criterios de sostenibilidad.

Análisis de costos asociados a riesgos por cambio climático

El consultor deberá realizar para cada una de las alternativas un análisis preliminar asociado a los riesgos por la variabilidad climática, tales como la ampliación de los periodos de retorno y factores que se consideran pseudoestáticos en el proyecto. Esto teniendo en cuenta la incorporación de los criterios de sostenibilidad para el desarrollo de una infraestructura resiliente.

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS A LA SOSTENIBILIDAD

En el marco del análisis de riesgos para la fase de Pre-Factibilidad, el Consultor deberá integrar factores de sostenibilidad con el fin de mejorar y cualificar este ejercicio, lo cual incluye la aplicación de técnicas de recolección de información con partes afectadas e interesadas para la identificación de un número más amplio y complejo de amenazas.

En el mismo sentido, la evaluación de amenazas también deberá incluir los posibles riesgos adversos reconocidos como relevantes por expertos, comunidad académica o científica tales como variabilidad climática, extinción de las especies amenazadas o migratorias y precarización de poblaciones en condición de vulnerabilidad como niños, mujeres y adultos mayores.

La estimación de amenazas deberá considerar las dimensiones social, ambiental, económica, financiera e institucional; así como el proceso de integración regional de las alternativas del proyecto, desde la perspectiva de actores locales, regionales y nacionales.

Se deben analizar la distribución de riesgos de manera justa y transparente entre diferentes entidades según su competencia.

CAPITULO 7. ANÁLISIS DE BENEFICIO COSTO CON ENFOQUE DE SOSTENIBILIDAD Y ALTERNATIVAS DE FINANCIACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES

En este Capítulo el consultor deberá establecer un análisis costo-beneficio relacionado con la implementación de criterios de sostenibilidad, nuevas tecnologías e innovación, para la construcción de las alternativas seleccionadas.

Así mismo deberá evaluar las posibles fuentes de financiación para cada alternativa. Las alternativas deben analizar la generación de un flujo de ingresos sólido basado en una recuperación de costos adecuada y, cuando sea necesario, respaldados por pagos por disponibilidad mediante el aprovechamiento de los efectos indirectos.

El consultor deberá identificar nuevos modelos de provisión, en colaboración entre el sector privado y el sector público, que garanticen los recursos financieros necesarios para el desarrollo de la infraestructura sostenible.

Identificar nuevas oportunidades de negocio que puedan producir ventajas competitivas y comerciales en las diferentes alternativas propuestas. Evaluar el criterio de polifuncionalidad del proyecto.

Para lo anterior, el consultor deberá consultar la Normativa relacionada con posibles fuentes de financiación, así como posibles incentivos, para el desarrollo de infraestructura sostenible. Entre las que se puede mencionar el FONAM, decreto n° 2048 de 2014 de Ministerio de Hacienda, FINDETER, resolución 4413 de 2014 de Ministerio de Transporte, resolución 722 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y todas las demás normas que sustituyan o modifiquen, así como las relacionadas con negocios verdes, bonos verdes, bonos sociales, entre otros.

CAPITULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El consultor deberá incluir al final del tomo, las alternativas que desde el punto de vista de sostenibilidad sean viables para su futura implementación en las dimensiones ambientales, sociales, económicos, financieros e institucionales.

VOLUMEN X. ESTIMACION DE COSTOS Y EVALUACION ECONOMICA

Con base en la información aportada desde las demás especialidades, el Evaluador deberá establecer los costos de cada uno de los corredores, y desarrollará un modelo de evaluación económica para la selección de alternativas.

Este volumen debe considerar los siguientes capítulos:

CAPITULO 1 OBJETIVO Y ALCANCES.

CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN ECONOMICA. CAPÍTULO 3 ESTIMACIÓN DE COSTOS Y BENEFICIOS DEL PROYECTO CAPÍTULO 4 INDICADORES ECONÓMICOS.

CAPÍTULO 5 COSTOS Y BENEFICIOS NO CUANTIFICADOS. CAPÍTULO 6 ALCANCE DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA. CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES

OBJETIVO

El consultor con base en la localización del proyecto, deberá caracterizar la región en sus aspectos demográficos, sociales, económicos, dotación de infraestructura, usos del suelo, producción y en especial las condiciones de vida de sus pobladores según corresponda a uno u otro municipio y a uno u otro departamento, y con la información correspondiente a la estimación de los costos de cada alternativa realizará la Evaluación Económica pertinente.

Con respecto a la Evaluación Económica, el objetivo será realizar el análisis y comparación en términos de valor económico actualizado, de los costos y beneficios de dos o más alternativas que propugnen por dar solución a un problema expresado como deficiencia o carencia en el suministro de la infraestructura vial, requerida para la comunicación y el transporte; conociendo y expresando la naturaleza y circunstancia del mismo.

Los estudios en la búsqueda por identificar alternativas a nivel de trazado son requisito básico para iniciar determinar los beneficios económicos diferenciados en cada una de las alternativas de trazado propuestas. En correspondencia, el resultado de la evaluación económica se expresará mediante un juicio sobre la bondad o conveniencia de asignar recursos para la continuación de los estudios en fases siguientes. Tal expresión de juicio, deberá estar soportado en los indicadores generalmente aceptados y correspondientes a la metodología definida para el cumplimiento del objetivo del estudio.

El consultor deberá recomendar las actividades y estudios y diseños particulares a adelantar en etapas posteriores, así como estimar los costos para la realización de dichos estudios en fases siguientes (Fase II y/o fase III contratación y/o fase III construcción)

ALCANCES

El estudio dará cubrimiento suficiente, en la caracterización de la región de aquellos municipios que entren en la zona de influencia del proyecto y de los departamentos a los cuales pertenecen. La caracterización deberá considerar los vínculos existentes entre las políticas, planes y proyectos nacionales y departamentales que tengan relación con el proyecto.

A partir del análisis o estimación de costos, los cuales mantendrán un referente válido, expresados bajo la consideración de los aspectos propios y singulares del sitio de la obra y los resultados de los estudios particulares, es decir, aquellos que definen el trazado, zonas vulnerables, estimativos de obras especiales, y en general las características y propiedades de cada alternativa que resulten del estudio a nivel de Fase I, se realizará la Evaluación Económica.

De forma que como condición insoslayable para el cumplimiento del Objetivo, el Consultor deberá identificar todos los costos y beneficios posibles atribuibles al proyecto con la precisión que lo permita el nivel del estudio realizado. Para ello, deberá armonizar información pertinente con cada una de las áreas complementarias del estudio, a fin de facilitar el reconocimiento de las diferencias que se proyectan respecto a la situación Sin y Con proyecto, para cada alternativa considerada.

Para la definición de la importancia socio-económica del tramo de vía en estudio, el consultor elaborará un análisis de tipo socio-económico en la zona de influencia del proyecto y determinará el impacto del mismo como apoyo a las actividades productivas teniendo en cuenta el contexto económico en los niveles local, regionales y nacionales e indicando los beneficios desde el punto de vista del transporte bien sea de carga o de pasajeros. Este análisis deberá efectuarse en el marco de las políticas nacionales definidas mediante documentos CONPES.

El informe de estimación de costos y evaluación económica deberá presentar la descripción de las actividades y estudios y diseños particulares a adelantar en etapas posteriores, así como estimar los costos para la realización de dichos estudios en fases siguientes (Fase II y/o fase III contratación y/o fase III construcción)

CAPÍTULO 2. METODOLOGIA DE EVALUACION ECONOMICA

Aquí el Consultor presentará la metodología de evaluación de costos y los pormenores para su realización. De estos últimos deberá incluirse una recapitulación de la información utilizada, presentada de forma específica y relacionada con las diferentes áreas de estudio. Es decir, que el estudio deberá requerir de las otras áreas de la ingeniería la información pertinente y necesaria para el completo desarrollo de la metodología, dejando constancia de los valores de cada variable utilizada de forma que los resultados del estudio puedan ser reconstruidos o verificados a partir de esta información.

ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

En la generalidad de los casos, deberá adelantarse la Evaluación Económica mediante la aplicación de la Metodología Análisis Costo Beneficio (ACB), utilizando para ello la herramienta que permita la generación de informes como Costos de Operación Vehicular y Costos de Mantenimiento entre otros, para cada alternativa.

Elementos a tener en cuenta en la estimación de costos:

- Estimación del Tránsito Promedio Diario: Volumen de TPD actual y futuro, composición y tasas de crecimiento para cada alternativa. Estimación de Tránsito Atraído, Tránsito desviado, y Tránsito Generado.
- Estimación de Costos: En cuanto a los Costos del proyecto, estos deberán reunir los Costos estimados de la Obra, la Interventoría, costos por afectación de predios, Estimación de Costos correspondientes a la gestión ambiental, costos netos por Tiempo de Viaje de las personas, así como lo relacionado con impuesto, utilidad y demás; costos de afectación por desplazamientos poblaciones, ambientales, obras. Considerando el alcance de los estudios estos valores corresponderán a un estimativo debidamente relacionado con

características y particularidades del proyecto.

CAPÍTULO 3. DETERMINACION DE COSTOS Y BENEFICIOS DEL PROYECTO

El proyecto como fuente de costos y beneficios que ocurren en distintos periodos, deberán ser asociados con la ejecución del proyecto en particular y corresponden a la inversión misma de la obra, al costo causado por el ejercicio de la interventoría, a los costos de las obras de protección ambiental o mitigación de los efectos, indemnizaciones, adquisición de zonas, etc., así como también formarán parte de los costos todos aquellos beneficios actuales que se obtienen antes de implementar el proyecto y que posteriormente, con la materialización del proyecto se dejarán de percibir.

IDENTIFICACIÓN DE COSTOS Y BENEFICIOS

El ejercicio de identificar los costos y beneficios atribuibles al proyecto, medirlos y valorarlos con el fin de emitir un juicio sobre la conveniencia de realizar el proyecto, constituye de por sí la Evaluación del Proyecto. La determinación de los beneficios económicos radica, en primera instancia en la definición de la demanda de transporte como modo de asociar la actividad económica que genera un proyecto de esta índole, determinando el valor neto de los Costos de Operación Vehicular bajo condiciones Sin y Con proyecto, constituyéndose de esta manera en beneficios básicos de primer orden.

De igual manera los costos netos generados por los Tiempos de Viaje de las personas en cada alternativa, deben calcularse a partir del volumen de vehículos de pasajeros como de su correspondiente nivel de ocupación; identificando los motivos de viaje que permitan efectuar su justa valoración. Los costos netos por Tiempo de Viaje de las personas se constituyen como beneficio de segundo nivel para el proyecto, pudiendo ser o no considerado dentro del agregado de beneficios para la comparación con el total actualizado de costos.

En resumen los beneficios se definirán en función del efecto que ejercen en los objetivos fundamentales del proyecto; los costos se definirán en función del costo de oportunidad, es decir, en términos de beneficios a los que se renuncia, de no utilizar los recursos en las mejores opciones disponibles. En consideración a ello, la evaluación que el Consultor debe realizar es la comparación de los beneficios frente a los costos que implica para la sociedad en su conjunto, de tal manera que pueda hacerse un pronunciamiento sobre la contribución que el proyecto hace al ingreso o crecimiento económico, y su distribución a través de su vida económica.

PRECIOS ECONÓMICOS

A partir entonces de los Precios de Mercado utilizados en la conformación del presupuesto, el Consultor calculará el Precio Económico del proyecto y del resto de componentes que intervienen en la estructuración del presupuesto, permitiendo así la definición de los beneficios e insumos del proyecto, tasados a precios económicos. Para ello deberá utilizarse las RPCs (Razones Precio Cuenta) que generalmente son calculados a nivel nacional; los correspondientes a los insumos, el de la divisa, el de la mano de obra calificada y no calificada y los costos de operación vehicular.

Al realizar el cálculo de los precios económicos para valorar los beneficios, los insumos y los eventuales efectos indirectos del proyecto, el Consultor cumplirá con el objeto de conocer el verdadero valor económico de los costos y sus beneficios netos medibles, de modo que la evaluación económica incorpora todos los efectos deseables y su incidencia sobre el bienestar de la sociedad en su conjunto.

El informe que de esta evaluación hará el Consultor, deberá ser presentado en tal forma que sea posible reconstruir los resultados obtenidos, requisito indispensable para su recibo, revisión y aprobación.

PERÍODO DE INVERSIÓN Y DE OPERACIÓN

Será preciso para todos los efectos del proceso de evaluación económica, definir un período de inversión que guarde una relación directa con la longitud del proyecto y con los rendimientos anuales que puedan ser previstos durante su construcción

Considerando el período de operación o vida útil del proyecto como el tiempo durante el cual éste producirá beneficios, se estima pertinente que el mismo no deberá superar los 20 años, aun cuando existan acciones de mantenimiento periódico, y que al final del mismo existirá un valor residual equivalente al 30,0%.

CAPÍTULO 4. INDICADORES ECONOMICOS

En lo que concierne al proyecto de construcción de una nueva vía que complementara la movilidad de un volumen de usuarios muy importante, y donde los costos y beneficios son posible de reconocimiento y cuantificación, los indicadores económicos que determinen la viabilidad económica serán aquellos que resulten apropiados y convenientes para la representatividad de los impactos que generen las inversiones requeridas.

Por consideración a las características del proyecto, una vez se hayan construidos los Flujos Económicos que permitirán la comparación de alternativas, será posible que el Consultor calcule los indicadores relacionados con el Valor Presente Neto (VPN) actualizado, la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Razón Beneficio Costo (R B/C) del proyecto.

La identificación de los Flujos Económicos netos corresponderá al flujo de la “situación base” o “situación sin proyecto” menos la “situación con proyecto” proyectada en cada uno de ellos. Existirán tantos Flujos Económicos netos como existan alternativas de solución propuestas.

La acumulación de los beneficios netos de cada año, descontados al año cero mediante el uso de una tasa Inter.-temporal del 12%, permitirán hallar el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), una Relación de Beneficios y Costos económicos (B/C) de cada alternativa y la determinación del momento Óptimo de la realización del proyecto. De esta forma quedará señalada la conveniencia o inconveniencia de implementar la totalidad de las acciones de intervención propuestas, o la necesidad de implementar tal o cual acción y de postergar otras; acentuando y reconociendo los impactos positivos y negativos de unas y otras.

De otra parte y retomando el caso donde la tipología de proyecto no concuerde con la Metodología Análisis Costo Beneficio, de acuerdo con lo expresado en el numeral 2.2, los indicadores correspondientes a esta metodología estarán dados por la calificación agregada y determinación de los niveles de Direccionalidad, Sostenibilidad y Suficiencia de la Alternativa en particular y el Problema General formulado. Como complemento se acompañara los indicadores Costo Anual Equivalente (CAE) y alguna relación del Costo actualizado con los resultados predecibles del proyecto. No sólo se buscara el nivel de eficiencia sino que también determinara el impacto que se alcanza en primera instancia y aquellos efectos secundarios que se obtengan.

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Como parte del desarrollo de la primera metodología (ACB), es posible que los valores así calculados no correspondan a los valores reales; por ello, deben establecerse los efectos en el Valor Presente Neto (VPN) como producto de variaciones en los costos o beneficios esperados, y para ello, el consultor modificará la magnitud de las variables más importantes, solas o en combinación, en un determinado porcentaje, identificando en qué proporción es sensible a tales cambios el VPN. Adicionalmente, deberá determinarse hasta dónde será necesario que se modifiquen los ítems más sensibles y representativos de costos y beneficios, para que el VPN sea igual a cero.

Otro de los análisis de sensibilidad deberá ser el de excluir, de los beneficios, los que puedan reportarse por ahorros en los tiempos de viaje de los pasajeros. Si el proyecto requiere de este beneficio para su sostenibilidad, entonces se determinará el costo mínimo necesario de la hora del viajero para que el proyecto sea rentable.

CAPITULO 5. COSTOS Y BENEFICIOS NO CUANTIFICADOS

El proyecto de construcción de una nueva vía implica la síntesis de costos y beneficios que ocurrirán en distintos períodos. Sin embargo, las dificultades para la identificarlos y relacionarlos directamente con el proyecto se manifiestan al momento de medirlos y valorarlos. Por ello es preciso que el consultor documente todos aquellos costos y beneficios, pero que en razón a sus peculiaridades no puedan ser cuantificados. Esto último es muy importante en cuanto que son estas originalidades, dependiendo de la magnitud de las mismas, las que determinarán la metodología de evaluación del proyecto de inversión pública.

A partir de ello todo costo o beneficio inherente al proyecto deberá describirse e incorporarse en la evaluación. Sin embargo, es posible la identificación de costos y beneficios de difícil cuantificación, los cuales deberán explicarse mediante el suministro de la información que demuestre su existencia y magnitud, a fin de tenerlos en cuenta al momento de la toma de la decisión sobre la continuidad o no de los estudios del proyecto.

CAPITULO 6. ALCANCE DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA

El alcance de la evaluación económica guardará una relación directa con la precisión de los estudios de ingeniería y análisis económicos. Considerando que los estudios para la construcción del proyecto corresponden a un nivel de Fase I, la evaluación deberá realizarse igualmente con la precisión que lo permitan los estudios de ingeniería en cuanto a la determinación de costos y beneficios, propios de un nivel de prefactibilidad. Sin embargo, el uso de supuestos que se incorporen deberá estar fortalecido con información económica y estadística apropiada.

En consecuencia, la evaluación económica corresponderá al nivel de la información que se obtenga y al nivel mismo en que se encuentren los estudios, especialmente los relacionados con los aspectos de Transporte, Trazado, Sección típica y tipo de superficie apropiada. Es decir, que podrá existir una evaluación a nivel de Fase I, en la medida que la información corresponda a esta etapa de estudio.

CAPITULO 7. RESUMEN Y CONCLUSIONES

En este capítulo se presentará el resumen de los aspectos considerados como elementos participantes en el ejercicio de evaluación económica e interrelacionando los asuntos socioeconómicos observados y las características propias del proyecto. Para tal efecto el consultor deberá destacar los contenidos relevantes que como producto del tratamiento de cada capítulo se hayan podido obtener.

A partir de los resultados expresados mediante los indicadores económicos, el consultor hará una

interpretación de los mismos y expresará los posibles aportes del proyecto al bienestar de la población y los alcances que puedan tener sobre ellos. De igual manera y considerando los tres indicadores básicos utilizados: Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Relación Beneficio Costo (B/C) y su correspondiente análisis de sensibilidad, el consultor hará una interpretación de los mismos y proyectará los aspectos que deben ser atendidos durante la ejecución de la Evaluación Económica del Proyecto en las fases siguientes.

Por último, el consultor deberá expresar el nivel de cumplimiento de los Objetivos y Alcances dentro de los cuales se enmarcó el ejercicio de Evaluación Económica del proyecto de inversión pública.

ANEXOS

- ✓ Información demográfica, socioeconómica de la región, municipio o departamento.
- ✓ Soportes respecto a los resultados de la evaluación, e información básica utilizada.

VOLUMEN XI. EVALUACIÓN TÉCNICA, AMBIENTAL, SOCIO ECONÓMICA, FINANCIERA Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVA.

El Informe Final del volumen debe considerar los siguientes capítulos:

CAPITULO 1 OBJETIVO Y ALCANCES.

CAPITULO 2 DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.

CAPITULO 3 PRESENTACIÓN Y SUSTENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA.

CAPITULO 4 DESARROLLO Y APLICACIÓN.

CAPÍTULO 5 ALTERNATIVAS DE FINANCIACIÓN DEL PROYECTO CAPITULO 6 RESUMEN Y CONCLUSIONES

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES

OBJETIVOS

Una vez establecidos todos los aspectos técnicos, ambientales, sociales, prediales y económicos propios de cada una de las alternativas consideradas en este estudio, serán sometidos en conjunto a una evaluación multiobjetivo y multicriterio por medio de la cual se establecerá de manera objetiva cuál de todas las alternativas en cuestión es la más conveniente.

Reunidas las alternativas que resulten del estudio, precisa la selección de una de ellas para efectos de llevarla a posteriores etapas de estudios y diseños para su futura materialización. En consecuencia, la escogencia debe responder al cumplimiento del conjunto de restricciones técnicas, ambientales y económicas que representen los mejores criterios de selección.

Es importante considerar en los procesos de toma de decisiones, que la decisión no está en la búsqueda de la solución con respecto a un único criterio, sino que debe obedecer a la consideración y análisis de las diferentes especialidades de estudio.

ALCANCES

El Consultor con base en la caracterización de todas las alternativas y mediante un modelo cuantitativo de análisis multicriterio y multiobjetivo, considerando elementos técnicos, ambientales y socioeconómicos seleccionará la mejor alternativa.

CAPÍTULO 2. DESCRIPCION DE ALTERNATIVAS.

A modo de resumen, el Consultor realizara una descripción de las Alternativas a través de características específicas relacionadas con cada una de las áreas que contribuyeron estrechamente en su definición. Es importante que cada especialidad determine los principales criterios con los cuales se podría seleccionar una u otra Alternativa.

CAPÍTULO 3. PRESENTACION Y SUSTENTACION DELA METODOLOGIA DE SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

El consultor deberá presentar y sustentar ante la Interventoría, para su respectiva aprobación la metodología multicriterio y multiobjetivo a utilizar para seleccionar la mejor alternativa.

CAPÍTULO 4. DESARROLLO Y APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA

El consultor desarrollará y aplicará la metodología aprobada por la Interventoría y mostrará y documentará todos los resultados obtenidos para que puedan ser fácilmente verificables.

CAPITULO 5. ALTERNATIVAS DE FINANCIACIÓN DEL PROYECTO

Guardando una relación directa con la precisión de los estudios de ingeniería, económicos y financieros, el Consultor deberá recomendar y describir de manera general los diferentes escenarios de financiación para la construcción de la obra, operación y mantenimiento de la misma, ya sea con recursos propios del Estado, por concesión o una alternativa propuesta por el Consultor.

Deberán describirse de manera general las principales fuentes de financiación de la ejecución, operación y mantenimiento de cada alternativa de solución para el horizonte de evaluación de alternativas.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Además del resumen y conclusiones en el proceso de Análisis y Selección de Alternativas, el Consultor expresará las recomendaciones respecto a la conveniencia o inconveniencia de continuar con los estudios en el nivel siguiente.

VOLUMEN XIII. INFORME FINAL EJECUTIVO

En este volumen se presentará un informe ejecutivo de todos los volúmenes realizados, de tal manera que le permita al lector como mínimo localizar geográficamente el tramo de vía en estudio, conocer la importancia socioeconómica y los resultados técnicos más importantes de la consultoría. Debe considerar los siguientes capítulos:

En el Informe Final, el Consultor integrará todos los estudios mencionados a continuación. Este informe constará de los siguientes capítulos:

VOLUMEN I ESTUDIO DE TRANSPORTE

VOLUMEN II IDENTIFICACION DE ALTERNATIVAS DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOMÉTRICO

VOLUMEN III ESTUDIO DE GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA REGIONAL

VOLUMEN IV ESTUDIO DE GEOTECNIA

VOLUMEN V ESTUDIO DE HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA

VOLUMEN VI ESTUDIO DE ESTRUCTURAS

VOLUMEN VII ESTUDIO COMPONENTES AMBIENTAL Y SOCIAL

VOLUMEN VIII AREAS DE AFECTACION PREDIAL

VOLUMEN IX ESTUDIO DE ANÁLISIS DE RIESGOS Y SOSTENIBILIDAD

VOLUMEN X ESTIMACION DE COSTOS Y EVALUACION ECONOMICA

VOLUMEN XI EVALUACIÓN TÉCNICA, AMBIENTAL, SOCIO ECONÓMICA, FINANCIERA Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVA.

Este informe será un resumen ejecutivo que contendrá de manera resumida el alcance de cada uno de los volúmenes enunciados, las metodologías utilizadas, los resultados obtenidos y las conclusiones y recomendaciones formuladas, así como los planos, gráficos y cuadros que faciliten la comprensión del informe. Además, debe contener la descripción de la localización, un análisis de tipo socio-económico, importancia y la ficha técnica del proyecto.

Para la localización geográfica, el consultor deberá indicar la troncal o transversal a la que pertenece, e identificar la ruta y tramo o las mas cercanas de acuerdo con lo establecido en el decreto 1735 del 28 de agosto de 2001 o el documento equivalente que se encuentre vigente en el momento de realización de los estudios. Esta localización se podrá ilustrar con cartografía del IGAC para el contexto regional y para el detalle se utilizará el levantamiento topográfico realizado durante los estudios, amarrado a coordenadas planas de Gauss en el sistema Magna- Sirgas.

El Informe Final Ejecutivo contendrá el contenido requerido en cada uno de los estudios enunciados en las presentes especificaciones, como los resultados más importantes de cada volumen desarrollado.

Este documento también constará de las fichas técnicas indicativas que servirán para la preparación de los procesos de licitación para los futuros proyectos.

El consultor e interventor deberán realizar una presentación del resultado del estudio para ser expuestas ante los directivos del INVIAS, gremios de la zona y comunidades afectadas por el proyecto, para lo cual se requerirá la presencia del Director y especialistas que se requieran necesarios.

FICHA TÉCNICA

La ficha técnica resume los resultados de los estudios efectuados y deberá indicar las características más relevantes del diseño tales como: principales obras planteadas (túneles, viaductos, puentes), dimensiones, tipo de estructura, velocidad de diseño, tipo de accesos, TPD actual y proyectado indicando periodo de diseño, tipo de terreno tipo de pavimento y espesores, presupuesto total y presupuesto discriminando obra, ajustes, presupuesto de la Interventoría y presupuesto de gestiones ambientales, sociales y prediales, si se estimaron por separado, plazo estimado de ejecución de obras y un cronograma general de ejecución.

Para proyectos a nivel Fase I Pre factibilidad, la ficha técnica resume los resultados de los estudios efectuados y deberá indicar las características más relevantes del corredor seleccionado.

Adicionalmente este informe contendrá los resultados más importantes de cada volumen desarrollado.

Además, deberá entregar una presentación con videos, renders, y demás expresiones gráficas, donde muestre las principales características del proyecto definido, descripción, localización y la ficha técnica.

REQUERIMIENTO PARA EL VOLUMEN: INFORME FINAL EJECUTIVO EN LA APLICACIÓN DE METODOLOGÍA PARA EL MANEJO Y GESTIÓN DE INFORMACIÓN

Dentro del informe final ejecutivo se debe incluir la Modelación de la información en formato IFC y/o compatible para el trazado geométrico aprobado, y la modelación en las demás áreas técnicas del proyecto será opcional, tal y como se indica en el aparte introductorio de los presentes requerimientos técnicos.

- Modelación de la información en formato IFC y/o compatible para el trazado geométrico aprobado, y la modelación en las demás áreas técnicas del proyecto será opcional.

ENTREGA DE DOCUMENTOS AL INVIAS

En cumplimiento de los criterios establecidos por el Archivo General de la Nación de Colombia para la organización y conservación de los Archivos y teniendo en cuenta la normatividad vigente “Ley 594 de 2000”, ley General de Archivos, se informa que para la entrega de los volúmenes se recibirán teniendo en cuenta las especificaciones detalladas a continuación.

Presentación Documentos Físicos

El Consultor entregará al INVIAS, dentro del plazo previsto para la ejecución de los estudios, los volúmenes descritos en el numeral anterior incluidos tablas, anexos, planos, y demás información.

Los volúmenes se entregarán impresos a doble cara en original y cuatro (4) copias en medio magnético (Unidad de Almacenamiento Masivo) en formato PDF y formato editable en el software correspondiente. Cada Volumen debe estar identificado con un rótulo o Sticker que contenga la siguiente información:

- Logo del Instituto Nacional de Vías INVIAS.
- Número del contrato y año del mismo.
- Objeto del contrato.
- Número del volumen con su respectivo nombre.
- Número del tomo cuando este exceda más de un tomo para el respectivo volumen.
- Ruta, Tramo e indicar PR de inicio y PR final. En el caso que aplique.
- Nombre del Consultor ejecutor de los estudios y diseños.
- Nombre del Interventor que acompañó en la ejecución de los estudios y diseños.
- Fecha de entrega de los estudios y diseños.

Cada Volumen se foliará de forma independiente y tendrá máximo 200 folios, si el Volumen es muy voluminoso y sobrepasa el número de folios se deben presentar varios tomos en las cuales de acuerdo al número se identificarán como 1 de 2, 2 de 2, sucesivamente según el caso y tendrá una foliación consecutiva. La fuente del texto del rótulo es Arial 12, espaciado a 1.5.

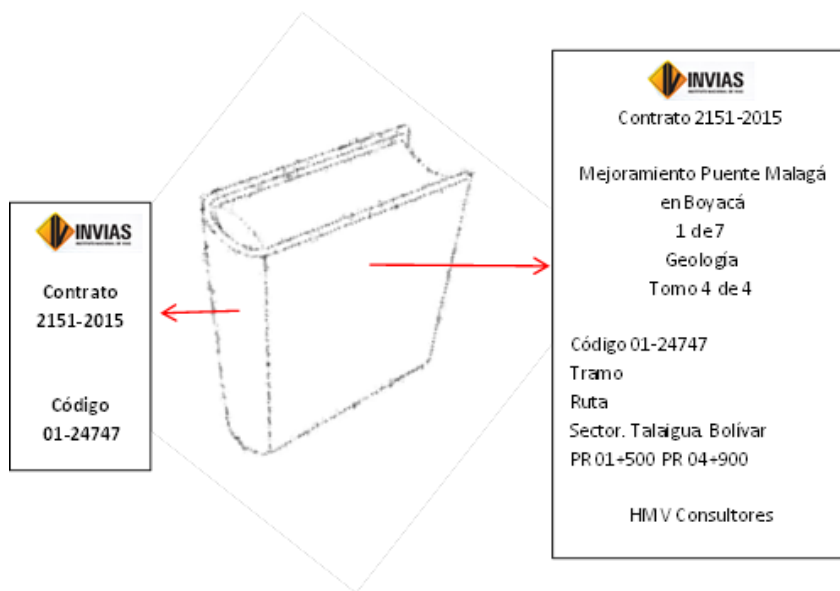
Se debe entregar junto con los volúmenes y planos finales un listado maestro de los planos y volúmenes (tomos) allegados. Los volúmenes deben contar con la firma de los directores de consultoría e interventoría, así como la firma de los especialistas responsables en la elaboración del respectivo volumen; para los planos también se debe contar con las firmas tanto de los directores de consultoría e interventoría, así como la firma de los especialistas responsables en la elaboración. Los archivos magnéticos también deberán contar con las respectivas firmas en sus formatos PDF, los cuales deben ser fiel copia de los documentos y planos impresos.

Para cada volumen técnico que contenga información georreferenciada (incluidos los resultados de las exploraciones y ensayos) se deberá entregar la respectiva base de datos espacial diseñada por el especialista en SIG y cumpliendo con lo establecido por la oficina encargada del SIG en el INVIAS (Aplicar el modelo de datos para Planos Record, Diseños y Estudios vigente a la fecha de entrega final de los estudios y diseños, el cual se puede obtener a través del enlace <https://hermes.invias.gov.co/geiv/>) o consultando al Grupo de Estadística e Información Vial de la Subdirección de Estudios e Innovación.

De acuerdo con el memorando SA 35138 del 28 de mayo de 2015, de la Subdirección Administrativa del INVIAS, la documentación escrita correspondiente a los Estudios Técnicos deberá prestarse en la siguiente forma:

Carátula:	Tapa dura en cartón liso de 2.5 mm color azul estampado dorado.
Forrada en percalina o cuerina, cocida.	
Páginas.	Máximo 200
Impresión:	1x2 tintas
Formato:	Carta 21,59 cm * 27,94 cm
Fuente:	Arial 12, espaciado a 1.5
Tipo de Papel:	Propalibros 70g a 1x1 tintas; art lemon a 1x1 tintas; esmaltado brillante de 150g.
Rotulado:	Logo de INVIAS; número del contrato y fecha y código. Contenido:
Normas ICONTEC	

Contenido: Normas ICONTEC



3 cms

Esquema de la portada



Número del contrato y año del mismo

Objeto del contrato

Número del volumen con su respectivo nombre

Número del tomo cuando este exceda más de un tomo para el respectivo volumen

Código

Ruta, Tramo

Sector

PR de inicio y PR Final. (En caso que aplique)

Nombre del Consultor que ejecuta los estudios y diseños

Fecha de entrega de los estudios y diseños

4 cms

2 cms

3 cms

Presentación en Formato magnético

Para la presentación de información en formato CD o DVD, igualmente deben identificarse con rotulo que contenga como mínimo los siguientes datos.

- Logos Corporativos
- Número del **contrato** y año del mismo.
- Objeto del contrato.
- Nombre del Consultor ejecutor de los estudios y diseños.
- Nombre del Interventor que acompaña en la ejecución de los estudios y diseños.
- Fecha del Documento.
- Dirección.

Los CD o DVD deben entregarse en una caja de pasta delgada que proteja el formato. Deben de ser no re escribible para garantizar que NO sea posible la modificación de la información en él contenida. En los casos del empleo de dispositivos externos de almacenamiento, estos deben estar debidamente marcados y protegidos.

Documento digital de Metadatos según Norma NTC 4611, mínimos o detallados, dependiendo del proyecto.

El registro fotográfico del proyecto deberá insertarse al Sistema de Información Geográfico por medio de links o hipervínculos que deberán funcionar adecuadamente, incluso desde el CD o DVD.

PLANOS

No se utilizará color en los planos ploteados en papel de seguridad a fin de obtener una buena calidad en reproducciones de éstos.

Los planos deberán contener código, ruta, tramo, sector, PR de inicio y PR final. Los mapas deberán entregarse también en formato PDF/A. No se deberá entregar archivos comprimidos.

En caso de que el proyecto supere una cantidad de 12 planos, se elaborará un nuevo tomo denominado Mapas, que deberá contener páginas preliminares como los otros tomos del proyecto doblándose a mitades.

Los originales de los planos se entregarán enrollados, con protección en sus bordes para evitar posibles deterioros y protegidos por tubo. No se deberá hacer ningún pliegue,

Solo se recibirá un ejemplar en original tanto de informes como de los planos y también copia en CD no re escribible.

Los planos originales se entregarán debidamente firmados en papel de seguridad y cuatro (4) copias en medio magnético (DVDs) en formato PDF y en Software de dibujo asistido por computador de lectura universal editable.

De acuerdo con el memorando SA 35138 del 28 de mayo de 2015, de la Subdirección Administrativa del INVIAS, la presentación de los planos correspondiente a los Estudios Técnicos deberá prestarse en la siguiente forma:

Empaque: Porta planos debidamente rotulados (ver información de la portada estudio técnico)
Tamaño: Pliego 70 cm * 100 cm
Papel: De seguridad Cronalfex o Diazzo ribeteado (original).

ANEXO 01 GENERALIDADES DE LA GESTION DEL RIESGO

La Ley 1523 de 2012 adoptó la Política y el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres en Colombia como una herramienta para la implementación de la gestión del riesgo de desastres. Por su parte, el capítulo III desarrolla los instrumentos de planificación y bajo ese marco en el artículo 42 se establece la obligación para "todas las entidades públicas y privadas encargadas de la prestación de servicios públicos que ejecuten obras civiles mayores o que desarrollen actividades industriales o de otro tipo que puedan significar riesgo de desastre para la sociedad, deberán realizar un análisis específico de riesgo que considere los posibles efectos de eventos naturales sobre la infraestructura expuesta y aquellos que se deriven de los daños de la misma en su área de influencia, así como los que se deriven de su operación. Con base en este análisis diseñarán e implementarán las medidas de reducción del riesgo y planes de emergencia y contingencia que serán de obligatorio cumplimiento."

Es así como a través del decreto 2157 de 2017 se reglamenta el artículo mencionado, en su cumplimiento, el Instituto Nacional de Vías INVIAS estructura su Plan de Gestión del Riesgo como el mecanismo que busca garantizar la aplicación de la gestión del riesgo acorde a las funciones propias y en su área de influencia en concordancia con la política pública de gestión del riesgo de desastres, buscando la protección de las personas y sus bienes, de la salud, los medios de vida y bienes de producción, así como la de los activos culturales y ambientales; conociendo, reduciendo y manejando los riesgos en procura de optimizar la capacidad de la entidad para soportar su operación y la continuidad de negocio.

En ese sentido, la gestión del riesgo puede considerarse como un área esencial para la obtención de los objetivos establecidos por las organizaciones. De acuerdo a la política institucional de gestión del riesgo, el Instituto Nacional de vías – INVIAS - se compromete a contribuir a la seguridad razonable frente al cumplimiento de la misión y al logro de los objetivos institucionales, mediante la adopción de una metodología institucional y la asignación de roles y responsabilidades de cada uno de los servidores de la entidad (Esquema de las Líneas de Defensa) para prevenir la materialización de los riesgos de: gestión, corrupción, seguridad digital, contratación, defensa jurídica y desastres (naturales y antrópicos) en todos los procesos, planes, programas, proyectos y contratos de la Entidad, en Planta Central y Direcciones Territoriales.

De igual manera, las Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018 -2022 "Pacto por Colombia, Pacto por la equidad" establece en su IV PACTO: PACTO POR LA SOSTENIBILIDAD: Producir conservando y conservar produciendo, literal 3. Colombia resiliente: Conocimiento y prevención para la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático, en la cual se enumeran los siguientes objetivos para el presente cuatrienio:

- Avanzar en el conocimiento de escenarios de riesgos actuales y futuros para orientar la toma de decisiones en la planeación del desarrollo.
- Asegurar la corresponsabilidad territorial y sectorial en la reducción del riesgo de desastres y la adaptación a la variabilidad y al cambio climático
- Garantizar un manejo efectivo de desastres y la reconstrucción adaptada y resiliente

El logro de los objetivos planteados, suponen la transición de una perspectiva de gestión basada en la evaluación de riesgos y en la implantación de medidas de control centradas en áreas funcionales o en necesidades de cumplimiento legal o regulatorio, hacia una gestión integrada de los riesgos que asume la

entidad cuando desarrolla su actividad.

Corresponde por consiguiente al Instituto Nacional de Vías INVIAS incorporar la gestión del riesgo en todos los procesos de la entidad desde la planificación hasta la operación de sus proyectos de infraestructura de transporte; por ello propende por incorporar en cada fase de los mismos un componente específico de gestión del riesgo, acorde a la gradualidad requerida y demás principios estimados en la ley.

“Todos los proyectos de inversión pública que tengan incidencia en el territorio, bien sea a nivel nacional, departamental, distrital o municipal, deben incorporar apropiadamente un análisis de riesgo de desastres cuyo nivel de detalle estará definido en función de la complejidad y naturaleza del proyecto en cuestión. Este análisis deberá ser considerado desde las etapas primeras de formulación, a efectos de prevenir la generación de futuras condiciones de riesgo asociadas con la instalación y operación de proyectos de inversión pública en el territorio nacional. PARÁGRAFO. Todas las entidades públicas y privadas que financien estudios para la formulación y elaboración de planes, programas y proyectos de desarrollo regional y urbano, incluirán en los contratos respectivos la obligación de incorporar el componente de reducción del riesgo y deberá consultar los lineamientos del Plan aprobado de Gestión del Riesgo del municipio o el departamento en el cual se va ejecutar la inversión”, Subrayado fuera de texto (ley 1523, 2012).

El alcance general debe incluir un análisis de Amenaza, un análisis de Vulnerabilidad y un análisis de Evaluación de Riesgos, esto para proyectos en Fase II – Avanzada a escala 1:25.000 o mayor, a fin de optimizar la realización de recomendaciones sobre las medidas de reducción del riesgo.

Para el análisis de la Amenaza se deben contemplar las amenazas del entorno del proyecto, del proyecto al entorno y las amenazas internas al proyecto. Así mismo, en el análisis de la Vulnerabilidad se deben tener en cuenta la vulnerabilidad de los elementos del proyecto y los elementos del entorno; entendiendo que la vulnerabilidad se estima a partir de los elementos expuestos a la amenaza. De igual manera en la evaluación del Riesgo, contemplar los riesgos del entorno al proyecto, los riesgos del proyecto al entorno y los riesgos del proyecto.

1. METODOLOGÍA PARA LA VALORACIÓN DEL RIESGO

El Instituto Nacional de Vías INVIAS a través en un proceso de fortalecimiento institucional con el Servicio Geológico Colombiano, generó la GUÍA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO FÍSICO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA INFRAESTRUCTURA VIAL. La mencionada Guía se constituye en el primer paso para determinar las variables a tener en cuenta para el cálculo del Riesgo y sus factores, a partir de la construcción de mapas de susceptibilidad y el conocimiento de la red vial nacional por parte de la entidad a cargo de la misma. La metodología surge de la GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1: 25.000 del Servicio Geológico Colombiano. Plantea el documento, las dificultades a las que se enfrentan los consultores para la estructuración de metodologías para el cálculo de la amenaza por la limitada existencia de una base de datos que contengan históricos con un grado acertado de certidumbre; dificultando la posibilidad de modelaciones matemáticas y el acercamiento a la estimación exitosa de la probabilidad de amenaza a una escala detallada.

Esta metodología debe ser ajustada a las condiciones propias de cada proyecto teniendo en cuenta las fases de desarrollo a lugar.

1.1. Corredor geotécnico

De acuerdo con la Ley 1228 de julio de 2008 los estudios e intervenciones en las vías de la red vial nacional se hacen en la franja denominada “derecho de vía” que son fajas de retiro mínimas obligatorio o zonas de exclusión para las carreteras del sistema vial nacional, de acuerdo con el orden de las mismas (primer orden 60m, segundo orden 45m y tercer orden 30m), tomada la mitad de dicha distancia a cada lado del eje de la vía.

No obstante, la afectación generada por la ocurrencia de los diferentes procesos de inestabilidad que se presentan en las vías y en particular el generado por los movimientos en masa no se limita únicamente al corredor vial o faja de retiro definidas y por ello la guía propone que los análisis para valorar el riesgo por movimientos en masa, deben realizarse a partir del concepto de corredor geotécnico definido como “la extensión de una ladera que alberga un tramo de carretera por encima y por debajo del nivel de la calzada, desde la divisoria superior (cota más alta) hasta la cota más baja que por lo general corresponde a una zona plana, al fondo de un río u otro curso natural de agua (Figura 1). Cuando el proyecto se emplace en una divisoria de aguas se deben tener en cuenta las dos laderas.

Figura 1. Perfil del corredor geotécnico

Fuente: Guía Metodológica Para La Evaluación Del Riesgo Físico Por Movimientos En Masa En La Infraestructura Vial, 2018

De acuerdo con lo anterior, el análisis de riesgo por movimientos en masa de una vía, debe considerar todos los movimientos que se localicen dentro del corredor geotécnico para lo cual se debe hacer el inventario y caracterización detallada de cada uno de ellos. La guía propone que la delimitación del corredor geotécnico se debe hacer a partir de la información cartográfica disponible en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC a escala 1:25.000, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Cuando la vía se localiza a media ladera el corredor geotécnico debe incluir el tramo delimitado entre la divisoria de aguas del talud o ladera superior y el drenaje o zona plana o de cambio de pendiente que limite el talud o ladera inferior.
- Cuando la vía se localiza en una divisoria de aguas el corredor geotécnico debe incluir las laderas adyacentes hasta el drenaje o zona de cambio de pendiente que define cada ladera.
- Cuando la vía se localiza en una zona plana, el ancho del corredor geotécnico como mínimo será igual al corredor vial o faja de retiro definido en la Ley 1228 de 2008, de acuerdo con el tipo de vía.

Estos criterios pueden ser ajustados según juicio experto y las condiciones específicas de cada zona de estudio. En cualquier caso, el corredor geotécnico debe considerar todas las posibles afectaciones a la vía por la ocurrencia de movimientos en masa o procesos de inestabilidad.

Además de la base cartográfica del IGAC, para la delimitación del corredor geotécnico se podrá hacer uso de otra información disponible como modelos digitales de terreno, los cuales servirán para facilitar la delimitación, sin embargo, el insumo principal será la cartografía base IGAC. Para áreas donde exista cartografía oficial de mayor detalle, ésta deberá ser la utilizada.

1.2. Información cartográfica básica y escala de trabajo

Los trabajos de delimitación del corredor geotécnico, levantamiento de información en campo, trabajos de zonificación y presentación de resultados se hará tomando como insumo principal la base cartográfica del IGAC a escala 1:25.000, lo anterior considerando la disponibilidad de información a esta escala. Cuando se disponga de información cartográfica a escalas más detalladas se deberá usar, siempre y cuando cumpla con las especificaciones definidas por el IGAC. En todo caso, para la determinación de la escala de trabajo esta regida por la fase del proyecto a estructurar.

1.3. Marco conceptual

Para el análisis de riesgo por movimientos en masa en la infraestructura vial se proponen las siguientes etapas (Figura 2):

Definición del área de estudio

Análisis de susceptibilidad – análisis de amenaza

Análisis de vulnerabilidad

Escenarios de afectación

Cálculo del riesgo

Análisis del riesgo

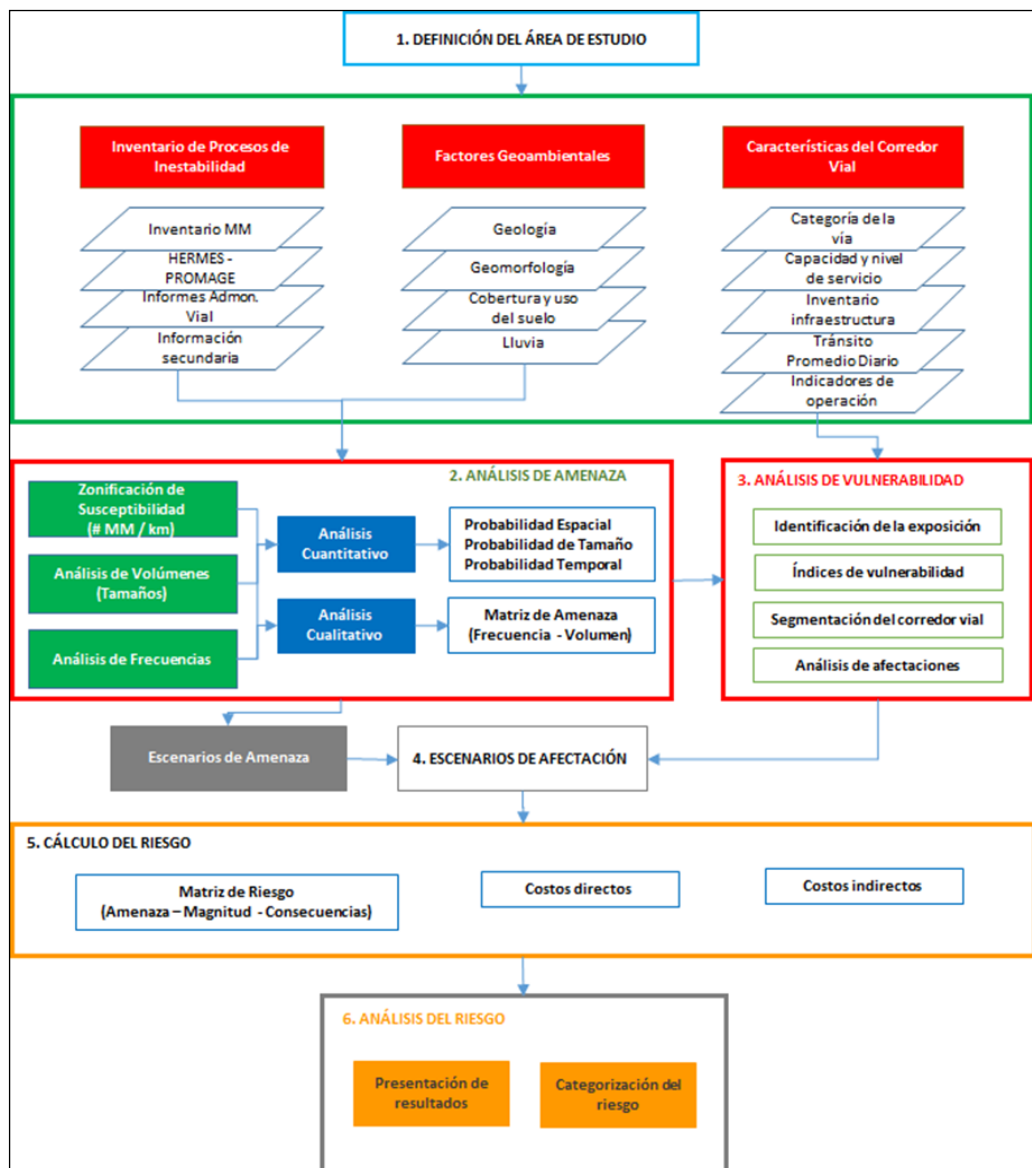


Figura 2. Marco de referencia para el análisis de riesgo por movimientos en masa en la infraestructura vial.
Fuente: Guía Metodológica Para La Evaluación Del Riesgo Físico Por Movimientos En Masa En La Infraestructura Vial, 2018

El resultado de cada una de estas etapas está dirigido a la determinación de los efectos potenciales que tiene la materialización de movimientos en masa en la infraestructura vial, cuya representación se puede expresar en los términos de la Ecuación 1 (Mavrouli & Corominas, 2018).

$$R=H*E*(V*C) \quad \text{Ecuación 1}$$

En donde

R: Es el riesgo expresado como el daño o pérdida potencial por efecto de la materialización de la amenaza.

H: Es la amenaza expresada como la frecuencia o probabilidad de un evento potencialmente adverso (movimientos en masa) de una magnitud definida.

E: El o los elementos expuestos al evento amenazante

V: La vulnerabilidad de los elementos expuestos

C: Costo de los elementos expuestos

Definición del área de estudio – Corredor geotécnico

El primer paso es la definición del área de estudio, la cual como ya se mencionó, corresponde al corredor geotécnico. Una vez definida el área de estudio debe realizarse una etapa de compilación y levantamiento de información, siendo uno de los principales objetivos, el promover y visibilizar la importancia del levantamiento y estandarización de los datos necesarios para la evaluación del riesgo por movimientos en masa en la infraestructura vial.

Debe tenerse en cuenta, que la escala de trabajo, al igual que la disponibilidad y calidad de los datos, define la resolución del análisis y los pasos a dar en cada una de las etapas del análisis. Como se verá más adelante, la metodología propuesta se basa en el análisis del tratamiento de la información de escalas regional y local, como una primera aproximación al análisis del riesgo.

En la definición del corredor geotécnico, se deben tener en cuenta las características geo ambientales que definen la ocurrencia de movimientos en masa, con el potencial de afectar la infraestructura vial, por lo tanto, la delimitación del corredor geotécnico se hace en función de las particularidades geológicas, geomorfológicas y climáticas que se presentan en cada corredor vial.

La delimitación del área de estudio implica la recopilación de bases topográficas, bases de datos e inventarios de sitios críticos e información cartográfica relacionada con las temáticas de movimientos en masa y erosión, geomorfología, geología, cobertura y uso del suelo y clima, la cual debe ser validada con visitas de campo y el conocimiento experto de los profesionales involucrados en el proceso de análisis.

El área de estudio definida deberá considerar todos los taludes o laderas inestables o potencialmente inestables con capacidad de afectar el normal funcionamiento del corredor vial, por cuanto al ser una vía una obra lineal, un volumen de material que bloquee incluso 1 m de la vía o una falla del talud inferior de 1 m de ancho pueden ocasionar un posible cierre de la misma por un tiempo indeterminado.

1.1. Análisis de amenaza

El fin último del análisis de amenaza es la definición de los escenarios de amenaza actuales y potenciales en el corredor geotécnico, los cuales son función del tipo de movimiento en masa, su localización, magnitud, distancia de viaje y frecuencia de ocurrencia. Estos escenarios son el punto de partida para la definición de los escenarios de afectación, que son la etapa vinculante entre el análisis de amenaza y el análisis de vulnerabilidad.

En los escenarios de amenaza se deben conocer características espaciales y temporales de los movimientos en masa, las cuales son obtenidas a partir del levantamiento de información primaria de movimientos en masa, geología, geomorfología y cobertura y uso del suelo; y el análisis de información secundaria de lluvia, frecuencias de ocurrencia de movimientos en masa, tamaños y magnitudes de los procesos de inestabilidad y tipos de afectación. Si bien es cierto que los sismos también son procesos geológicos naturales detonantes de movimientos en masa, en esta guía metodológica solo se tiene en cuenta la lluvia por ser la responsable de más del 90% de la generación de movimientos en masa (Portilla, 2018).

El insumo principal para el análisis de amenaza lo constituye el inventario de procesos de inestabilidad, en el cual son fundamentales los instrumentos de toma de datos y levantamiento de información, tales como la

ficha PROMAGE, el Sistema Hermes y las bases de datos de información del INVIAS y el SIMMA¹ del SGC. Este inventario junto con el inventario de infraestructura vial, son la principal fuente de información para el análisis del riesgo. (Información de tipo secundario)

En el año 2017, el SGC publicó la guía metodológica para zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:25.000, en la que se presenta la definición de inventario de movimientos en masa según las fuentes de información y el tipo de información obtenida, la cual será la base para la definición del inventario de procesos de inestabilidad a obtener para la aplicación de la presente guía metodológica. Como se presenta en el Capítulo 2 de esta guía, el inventario de procesos de inestabilidad debe elaborarse a partir de la consulta de diferentes fuentes de información, en la que el conocimiento experto de las particularidades asociadas con magnitud y temporalidad de los procesos en cada corredor vial tiene gran importancia.

Dado que en el análisis de amenaza no sólo se tienen en cuenta los puntos críticos de inestabilidad de laderas y taludes que afectan la vía, sino también, sitios o zonas potencialmente inestables de acuerdo con sus características geológicas, geomorfológicas y de intervención antrópica², se propone realizar inicialmente una zonificación de susceptibilidad por movimientos en masa a lo largo del corredor geotécnico, la cual permite definir zonas homogéneas en términos de los procesos de inestabilidad y su capacidad de afectación. Con la zonificación de susceptibilidad se establece la componente de probabilidad espacial de la amenaza. Para la zonificación de susceptibilidad se propone aplicar la metodología presentada por el SGC (2017), por lo que en este documento se presentan sólo algunas precisiones sobre su aplicación en corredores viales.

Una vez obtenidas las zonas susceptibles a la inestabilidad, éstas deben ser caracterizadas en términos de la magnitud de los procesos y su frecuencia, con el fin de conformar los escenarios de amenaza. Idealmente, la componente temporal de los escenarios debe estar relacionada con la probabilidad de ocurrencia de un detonante como la lluvia, para lo cual se requiere contar no sólo con la fecha de ocurrencia del proceso, sino también, su tipología y magnitud. La experiencia ha demostrado que este tipo de información no se toma sistemáticamente, por lo que los escenarios de amenaza planteados dependen de la disponibilidad y calidad de la información en cada corredor. Dado que idealmente se busca analizar el riesgo en términos cuantitativos, se describe la metodología propuesta para el análisis de amenaza en términos de la probabilidad de ocurrencia anual de un movimiento en masa de una magnitud dada, sin embargo, ante la posible insuficiencia de datos para este tipo de análisis, se presenta una propuesta para el análisis cualitativo de la amenaza con base en matrices de amenaza que relacionan frecuencias de ocurrencia relativas y tamaños. Estos tipos de análisis se realizan en las zonas de susceptibilidad muy alta, alta y media.

La metodología propuesta conlleva a la definición de los escenarios de afectación, los cuales dependen tanto de la amenaza como de la red vía y su infraestructura asociada. De acuerdo con la propuesta, el escenario de afectación está caracterizado según los siguientes parámetros:

- Tipo de movimiento en masa: corresponde a la clasificación del movimiento en masa de acuerdo con los conceptos presentados por el Servicio Geológico Colombiano, Montero J., 2017, Clasificación de Movimientos en Masa y su distribución en Territorios Geológicos de Colombia, Publicaciones Especiales Geológicas.
- Volumen o área: el tamaño del movimiento en masa se puede describir a partir de su volumen o área, según el escenario de afectación que se esté analizando. Este volumen puede ser potencial, estimado en la ladera o talud considerando características geológicas y geomorfológicas de la zona de estudio o real, medido sobre la vía a partir del registro de afectación. El volumen está relacionado también con la distancia de viaje. De acuerdo con el nivel de información, el tamaño del movimiento en masa puede estar definido en rangos de valores.

¹ Sistema de Información de Movimientos en Masa

² Incluida en las variables cobertura y uso del suelo

- Magnitud del movimiento en masa: es la categorización cualitativa del tamaño del movimiento en masa como una aproximación a su potencial destructivo.
- Probabilidad espacial y temporal: la probabilidad de que un proceso de inestabilidad de cierto tipo y magnitud ocurran en un lugar y en un periodo definido. En análisis cualitativos la temporalidad se refiere a rangos relativos a las fuentes de información disponibles.
- Consecuencias potenciales: El o los efectos adversos de la materialización de un movimiento en masa de un tipo y magnitud determinados, los cuales son función directa del elemento expuesto y sus características físicas.

1.2. Análisis de vulnerabilidad

A partir de los escenarios de amenaza se definen los escenarios de afectación que expresan el grado de afectación y extensión potencial del daño de los elementos expuestos ante la materialización de la amenaza. Para la definición de los escenarios de afectación se debe identificar en primera medida las características de la infraestructura vial, el grado de exposición de la vía y su infraestructura asociada.

En el caso en que la vía se localice en la zona de inicio de un movimiento en masa por ejemplo (divisoria de aguas o rotura en la ladera o talud inferior), el análisis de vulnerabilidad estará enfocado a posibles pérdidas de banca e infraestructura por pérdida de soporte. En este caso la magnitud de la amenaza está relacionada con el área y la profundidad del movimiento en masa (volumen).

Si la vía se localiza en la trayectoria de viaje del movimiento en masa (falla en laderas o taludes superiores, cortes en cajón o cruces de corrientes), el análisis de vulnerabilidad estará enfocado a la posible obstrucción parcial o total de la vía, con y sin pérdida de infraestructura. En este caso la magnitud de la amenaza se relaciona con el volumen y la distancia de viaje del movimiento en masa.

La exposición se obtiene con la superposición cartográfica de la vía y sus elementos y la trayectoria del movimiento en masa.

El nivel de exposición, el escenario de amenaza y la metodología de análisis aplicada (cuantitativa o cualitativa), definen el o los parámetros para el análisis de vulnerabilidad. En el caso de análisis cuantitativos, se propone la definición de índices de vulnerabilidad, a partir de los cuales se pueden calcular las afectaciones en términos de costos directos e indirectos como función de la probabilidad de ocurrencia del proceso de inestabilidad.

Los análisis cualitativos por su parte, implican la definición de segmentos de vía en los cuales se integran las matrices de amenaza para cada tipo de movimiento en masa y las características intrínsecas de la vía y su infraestructura asociada, mediante la aplicación de una matriz de consecuencias.

Las características que definen la vulnerabilidad de la vía se obtienen a partir del levantamiento de información primaria y secundaria con herramientas tales como los formatos de inventario vial del INVIAS (información secundaria), con los cuales se obtiene información sobre: tipo de terreno, número y ancho de carriles, estado y funcionalidad de obras de infraestructura, tipo y estado de superficie de pavimento. Conceptualmente los elementos a caracterizar son los que presentan algún grado de exposición, sin embargo, de acuerdo con la actividad misional del INVIAS esta información está disponible para todos los corredores viales. Adicionalmente, se debe establecer la existencia o no de las vías alternas para el caso de un cierre total como consecuencia de la ocurrencia de un movimiento en masa.

La exposición y vulnerabilidad se definen con base en los siguientes parámetros:

- Tipo de vía: con base en la identificación y categorización vial definidos la Resolución 339 de 1999, Decreto 1735 de 2001 y Resolución 1530 de 2017.
- Sección de la vía: se refiere a la sección topográfica transversal de la vía, en la que se identifican cada una de las partes de la infraestructura que la componen.
- Tránsito Promedio Diario (TPD): esta medida se utiliza para el cálculo de pérdidas indirectas ante una eventual afectación de la funcionalidad de la vía.
- Capacidad y nivel de servicio: determina la densidad de tráfico, velocidad de recorrido y tiempo de recorrido, asociados con la funcionalidad de la vía, la cual a su vez puede verse afectada por la materialización de la amenaza.
- Grado de afectación: Para la presente metodología se proponen dos escenarios de vulnerabilidad: a) funcionalidad afectada por pérdida de banca y b) afectación de la funcionalidad por depósito de material (cierre total o parcial). Estos escenarios integran tanto los escenarios de amenaza como los de afectación con las características intrínsecas de la vía.

1.3. Escenarios de afectación

Los escenarios de afectación son el vínculo entre los análisis de amenaza que dependen de las características geo ambientales del territorio por donde se localiza la vía y la vulnerabilidad de la vía, definida por sus características geométricas (sección transversal, ancho, entre otras.) y la infraestructura asociada (figura 20).

Un escenario de afectación surge de la combinación entre el escenario de amenaza y la condición de la vía en una sección de análisis específica, de acuerdo con el esquema presentado en la figura 3.

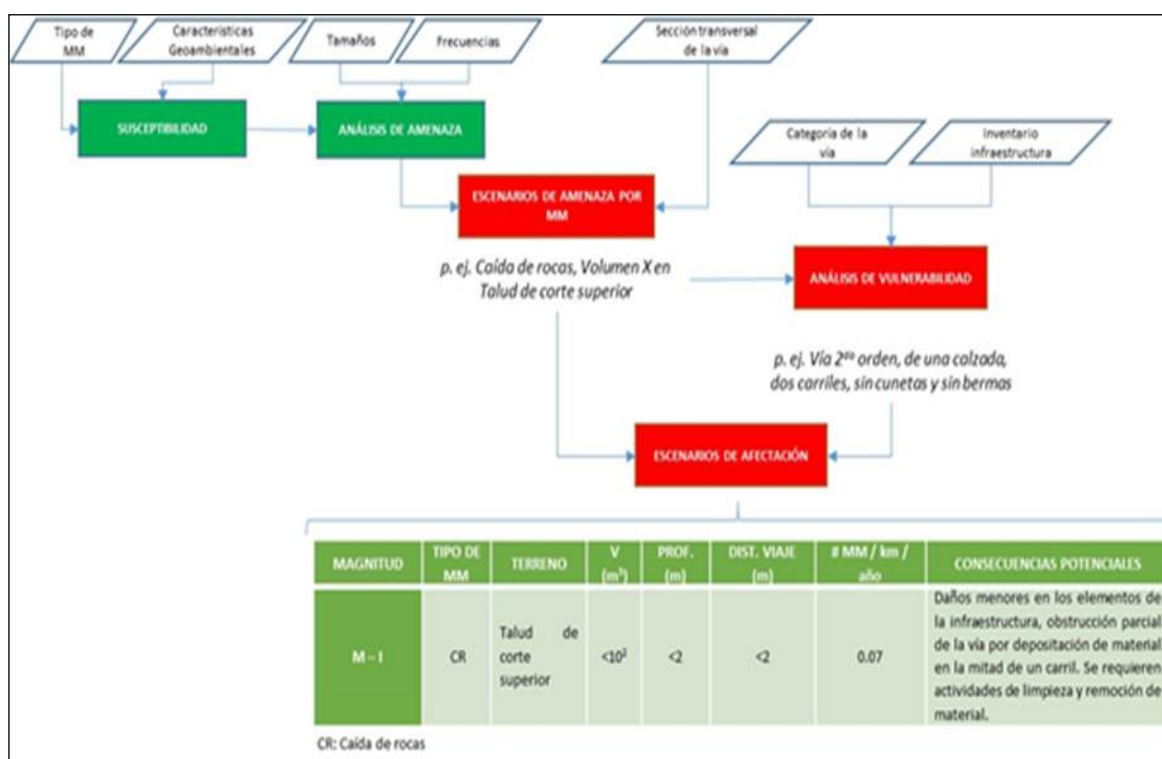


Figura 3. Esquema metodológico para la definición de escenarios de afectación
Fuente: Guía Metodológica Para La Evaluación Del Riesgo Físico Por Movimientos En Masa En La Infraestructura Vial, 2018
Cálculo del riesgo

El riesgo puede representarse según descriptores cuantitativos o como matrices que relacionan la amenaza y la vulnerabilidad de forma cualitativa en los términos de la Ecuación 1. Los descriptores cuantitativos dependen del tipo de efectos que se están evaluando y para el caso de vías se propone que sean en términos de pérdidas económicas, con las cuales se pueden aplicar criterios de comparación y aceptabilidad del riesgo o análisis costo beneficio. Las matrices de riesgo por su parte, permiten obtener criterios de priorización para la planificación de medidas de prevención y mitigación en el corredor de análisis.

Las consecuencias de la materialización de la amenaza pueden ser agrupadas en dos tipos principales:

- Consecuencias directas: relacionadas con el daño físico o destrucción de la vía y su infraestructura asociada por la ocurrencia de un movimiento en masa. En éstas se incluyen las actividades de reconstrucción, rehabilitación, limpieza y remoción de escombros.
- Consecuencias indirectas: relacionadas con desvíos, demoras e interrupción de actividades económicas por pérdida en la funcionalidad de la vía.

Para la representación de estas consecuencias y su cuantificación en términos de pérdidas económicas se han propuesto los siguientes descriptores:

- Costo promedio anual de reparación anual de infraestructura.
- Costo anual esperado por remoción de materiales y limpieza de la vía.
- Costo diario debido a demoras o interrupciones del tráfico por bloqueo total o parcial de la vía (Recaudo de peajes, incremento costos de operación de vehículos por trayectos adicionales, incremento en tarifas de pasajes, pérdidas promedio de horas laborales para los usuarios de la vía en edad productiva).

En términos cualitativos estas consecuencias pueden categorizarse según su grado de severidad, de acuerdo con el tipo de acciones necesarias para restablecer el normal funcionamiento de la vía.

Análisis del riesgo

En el marco de referencia presentado por el Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2015), el cálculo del riesgo constituye la etapa final del análisis del riesgo. Sin embargo, en el esquema metodológico propuesto en esta guía, la última etapa para el análisis del riesgo la constituyen la definición de criterios para la presentación de resultados y la categorización del riesgo.

Las metodologías propuestas por el SGC (2015 y 2017) están enfocadas a la incorporación del riesgo en la planificación territorial, por lo que los resultados de su aplicación tienen una representación cartográfica. En el caso de la presente propuesta, se plantea la combinación de cartografía indicativa a escala 1:25.000 y tablas de cálculo de riesgo por secciones homogéneas y para toda la vía considerada.

La categorización del riesgo por otro lado, se realiza a partir de matrices de decisión que relacionan la probabilidad o frecuencia de ocurrencia de procesos de determinada magnitud y las afectaciones y pérdidas directas e indirectas para todo el sector vial. Estos criterios son relativos para cada vía en cada zona de estudio, por lo que en el presente documento se describen las pautas para su elaboración.

Propone la Guía metodológica, 2018 “la extensión de una ladera que alberga un tramo de carretera por encima y por debajo del nivel de la calzada, desde la divisoria superior, cota más alta, hasta la cota más baja

que por lo general corresponde a una zona plana, al fondo de un río u otro curso natural de agua” como la definición

2. ALCANCE DE LA METODOLOGÍA DE LA GUÍA

Se presenta una propuesta metodológica para el análisis de riesgo por movimientos en masa a escala 1:25.000 en la infraestructura vial, construida con base en las consideraciones contenidas en la Guía Metodológica para la Zonificación de Amenazas por Movimientos en Masa a Escala 1:25.000 (SGC, 2017) y a partir del conocimiento en zonificaciones de riesgo específicamente en la infraestructura vial de investigadores nacionales e internacionales, teniendo en cuenta la información secundaria disponible, información recopilada en campo y el principio de gradualidad en tiempos y alcances, considerado en la Ley 1523 de 2012.

Se propone una metodología cuantitativa para el análisis del riesgo, pero debido a la limitación en cantidad y calidad de datos en algunos corredores viales, se presenta como alternativa un análisis cualitativo del riesgo, que no exige al *evaluador de realizar trabajos de campo detallados*, en especial, el inventario de movimientos en masa, incluyendo un análisis fotogeológico multitemporal.

Por la escala de trabajo, los movimientos en masa considerados en esta guía para el cálculo del riesgo, son los más comunes en las vías del País (deslizamientos, caídas y volcamientos), sin embargo, en el inventario de movimientos en masa todos los procesos y rasgos (movimientos en masa, erosión, reptación, subsidencia, entre otros) deben ser identificados, caracterizados y representados espacialmente para las zonificaciones de susceptibilidad y amenaza.

No se consideran aspectos de evaluación del riesgo con criterios de seguridad, aceptabilidad o tolerancia. Esta guía contempla el cálculo del riesgo y el análisis del mismo, de tal manera que se categorice y se represente cartográficamente, con fines de priorización de segmentos en el corredor específico de análisis.

3. INVENTARIO DE PROCESOS DE INESTABILIDAD

El inventario de procesos de inestabilidad constituye la principal fuente de datos para el análisis del riesgo por movimientos en masa en la infraestructura vial y en el marco de la metodología propuesta, es la etapa inicial para la elaboración de este tipo de estudios.

Este inventario es producto de la integración de datos provenientes de diferentes fuentes de información, por lo que es importante establecer una estructura estándar para su captura, tratamiento y organización. La experiencia indica que a pesar del esfuerzo de instituciones como el SGC o el INVIAS para compilar esta información, en general este tipo de inventarios son incompletos o su elaboración está condicionada a la atención de emergencias específicas, por lo que uno de los principales propósitos de esta guía, es el de promover y concientizar sobre la importancia de una rigurosa toma de datos, con el fin de avanzar gradual y eficazmente en el conocimiento y reducción del riesgo por movimientos en masa en la infraestructura vial.

Tomando como base las definiciones presentadas en la guía metodológica para zonificación de amenaza por movimientos en masa publicada por el SGC (2017), en la presente guía, el inventario de procesos de inestabilidad se puede definir como una base de datos compuesta por registros de movimientos en masa, puntos críticos y zonas inestables localizados en el área de influencia del corredor geotécnico y que afectan o tienen el potencial de afectar la funcionalidad del corredor vial y la infraestructura de la vía. La estructura de la toma y almacenamiento de los datos debe permitir su manejo espacial en entorno SIG, dado que en esta base de datos se registra información relacionada con localización, fecha de ocurrencia, tipo de proceso, actividad, volumen, tamaños, distancia de viaje y afectaciones entre otros. Pese a que en la publicación del SGC (2017) se presenta en detalle el contenido de un inventario de movimientos en masa para zonificación

de amenaza, para el caso de infraestructura vial deben incluirse aspectos específicos y algunas consideraciones sobre las fuentes de información que serán descritas en los siguientes apartados

3.1. Fuentes de información

Para la elaboración del inventario de procesos de inestabilidad se han definido las siguientes fuentes de información principales:

1. Inventario de movimientos en masa
2. HERMES, fichas PROMAGE y reportes de emergencias del INVIAS, SIMMA
3. Informes de la administración vial
4. Información secundaria

Debe tenerse en cuenta que pueden existir otras fuentes de información no descritas en este documento, que pueden ser valoradas e incluidas por los profesionales que intervienen en estos estudios, teniendo en cuenta además la fase de diseño. El objetivo en cualquier caso, es elaborar una base de datos lo más completa posible, a partir de la cual se pueda obtener la información espacio temporal necesaria para la aplicación de la metodología propuesta. Algunas de las fuentes presentadas son de manejo interno del INVIAS, sin embargo, en la actualidad se trabaja para que la información esté disponible para consulta abierta en línea.

Inventario de Movimientos en Masa

Como se mencionó anteriormente, la guía metodológica del SGC (2017) presenta en detalle la definición de inventario de movimientos en masa, su contenido y fuentes de información, por lo que a continuación se presentan sólo algunas consideraciones complementarias para su uso en corredores viales de acuerdo con la metodología propuesta.

- Origen: De acuerdo con la metodología, además de localizar las coordenadas del movimiento en masa, es importante diferenciar su localización según sean movimientos en masa originados en laderas naturales o en taludes de corte.
- Sección de la vía: Una vez definida la zona de origen del movimiento en masa, debe indicarse la sección de la vía en donde se originó, así se tendrán movimientos en masa en laderas naturales superiores, en taludes de corte superiores, en taludes inferiores, etc.
- Continuidad: Dado que el objeto sobre el que se evalúa el riesgo es una obra lineal que puede ser afectada por movimientos en masa de similares características en longitudes definidas y que la escala de trabajo implica que movimientos en masa con áreas pequeñas ($< 2500 \text{ m}^2$) tengan una representación cartográfica puntual, se recomienda especificar si el levantamiento de información se realiza para un proceso único o para una serie de procesos continuos en una longitud definida de la vía, es decir un levantamiento puntual o lineal, respectivamente.
- Longitud de la vía: En el caso en que el levantamiento sea de tipo lineal, es importante localizar con coordenadas o puntos de referencia (PR) el punto de inicio y final de vía considerados.
- Frecuencia de ocurrencia: A pesar de que se tiene establecida la fecha de ocurrencia como un atributo para la caracterización temporal del movimiento en masa, en el caso de vías es importante definir, al menos cualitativamente, una frecuencia de ocurrencia del proceso de inestabilidad, la cual a su vez está relacionada con el grado de actividad. Para establecer la frecuencia de ocurrencia se pueden utilizar descriptores como

muy frecuente, frecuentemente, ocasionalmente o rara vez. Como se verá en el capítulo 3 de análisis de amenaza, la cantidad de descriptores y su significado dependen del período de análisis considerado, de las condiciones específicas de cada vía y del tipo de información con que se cuente.

- **Tamaño del movimiento en masa:** Pese a que el formato de inventario propuesto en la guía SGC (2017) incorpora datos para la estimación del tamaño (área o volumen) del movimiento en masa, para aplicación en vías se recomienda diferenciar entre dos aproximaciones: a) tamaño estimado en la zona o punto de origen del movimiento en masa; a partir de evidencias geomorfológicas, geológicas o interpretación de imágenes (tamaño potencial) o; b) tamaño estimado sobre el área potencialmente afectada (en esta caso la vía, tamaño real), a partir de registros de atención de emergencias y operación de la vía. Esta última es la aproximación más usual en los registros de información vial (Mavrouli & Corominas, 2017). Establecer esta diferencia permite hacer evaluaciones más precisas sobre el tamaño del proceso y sus consecuencias, ya que los movimientos en masa identificados en el corredor geotécnico tienen diferente capacidad de afectar a la vía en función del tamaño y distancia de viaje. Para la estimación de la frecuencia puede también aplicarse el mismo criterio. En el caso de procesos tipo caída se puede incluir además el tamaño máximo o promedio de bloques.

- **Afectación de la vía:** Cuando se analizan escenarios de obstrucción de la vía (total o parcial) por material proveniente de procesos en las laderas o taludes superiores de la sección, puede definirse cualitativamente el tipo de afectación a la calzada según descriptores como: sin afectación, cierre parcial sin daño estructural, cierre parcial con daño estructural, cierre total sin daño estructural o cierre total con daño estructural. Este tipo de información es relevante para establecer relaciones entre el tipo de movimiento en masa, su tamaño y el potencial de afectación a la vía y sus elementos. Para escenarios de pérdida de banca, los datos contenidos en la ficha PROMAGE son suficientes para el análisis de consecuencias.

- **Altura del talud:** Para movimientos en masa asociados a taludes de corte viales, es importante registrar la altura del talud.

- **Distancia y ángulo de viaje:** Pese a que no es un dato frecuentemente consignado en el levantamiento de campo, la distancia y ángulo de viaje (Fahrböschung) son datos necesarios para establecer la posibilidad de afectación de la vía por un movimiento originado en laderas o taludes superiores.

- **Tiempo de cierre:** como una aproximación al cálculo de costos indirectos, se recomienda incluir indicadores relacionados con el tiempo de cierre de la vía como consecuencia del movimiento en masa.

- **Elementos afectados:** se recomienda la toma de información relacionada con afectación de vehículos y personas producto de la ocurrencia del movimiento en masa. Información tal como abolladuras por golpes de material a los vehículos o golpe de vehículos a material depositado sobre la vía, destrucción parcial o total de vehículos, heridos, víctimas fatales, entre otros, con el fin de recopilar información que pueda ser de utilidad para futuras evaluaciones de daños a terceros.

En lo posible, la toma de datos de movimientos en masa y afectaciones debe orientarse a la elaboración de inventarios basados en eventos o análisis multitemporales, de acuerdo con las definiciones presentadas en la guía del SGC (2017). Este tipo de inventarios permitirá llevar a cabo análisis con aproximaciones cuantitativas al análisis del riesgo.

En el sistema de información SIMMA, que se encuentra disponible a través de la página web del SGC, puede consultarse información sobre movimientos en masa de acuerdo con la clasificación que se presenta a continuación.

- **Datos Tipo Catálogo.**

Se refiere a la información espacio-temporal consignada en prensa, bancos de documentación de movimientos en masa levantados por las diferentes entidades e instituciones. Contiene información georreferenciada de movimientos en masa cuyos campos mínimos son: localización, tipo de movimiento, fecha de ocurrencia, fecha de reporte, fuente de información, daños y material fotográfico del evento cuando es posible.

- Datos Tipo Inventario.

Hace referencia a la información de movimientos en masa obtenida en estudios geológicos, geotécnicos y de zonificación de amenaza de movimientos en masa realizados con diferentes fines a diferentes escalas.

Los datos del inventario de movimientos en masa permiten entender su potencial destructivo, por lo tanto cada uno de los eventos registrados en el SIMMA en esta categoría tienen una calificación de importancia. Los datos se capturan a partir del formato establecido en el Proyecto Multinacional Andino (PMA: GCA) y ajustado en su versión 2012, el cual se encuentra dividido en secciones así: datos de registro, localización geográfica, documentación, actividad del movimiento, litología y estructura, clasificación del movimiento, morfometría, causas del movimiento, cobertura y uso del suelo, daños, efectos secundarios, referencias, esquemas, fotografías y notas.

HERMES, fichas PROMAGE y reportes de emergencias

El INVIAS cuenta en la actualidad con el sistema de información de la red vial nacional HERMES, el cual contiene información espacial sobre emergencias reportadas por la administración vial y direcciones territoriales, entre las que se encuentran emergencias producto de la ocurrencia de movimientos en masa o procesos de inestabilidad y registro de sitios críticos. Gran parte de esta información puede ser consultada en línea por usuarios externos en un entorno SIG.

La ficha PROMAGE es una de las principales herramientas para la toma de datos de eventos ocurridos en los trazados viales a cargo del INVIAS y que requieren de una intervención inmediata. Se trata de un formato que contiene la información general de la vía (Dirección Territorial, vía, código de la misma, PR inicial y PR final que indica la localización del evento respecto a la referenciación del trazado vial, grupo de administración vial a cargo) y espacios para reportar la información técnica relevante para la construcción de registros históricos de los eventos (tipo de evento, identificación de causas y afectación a la infraestructura y las personas, tipo de cierre si se presenta, fecha de la emergencia, identificación de vías alternas) y el presupuesto estimado para que la entidad devuelva la funcionalidad de la vía en el menor tiempo posible.

Los reportes de emergencias de las Direcciones territoriales del INVIAS son tablas organizadas con datos sobre incidentes que afectan el normal funcionamiento de la vía; entre éstos se encuentran los movimientos en masa o procesos de inestabilidad. Estos reportes son publicados en la página web del INVIAS (: https://hermes.invias.gov.co/dash_emergencias/) y contienen información sobre fechas de los eventos, estado de la vía y tipo de emergencia. La información presentada en estos reportes puede estar vinculada a la tomada en las fichas PROMAGE.

Informes de administración vial (Información secundaria)

Los administradores viales son profesionales calificados para ejercer funciones de administración, gestión y planeación operativa y técnica, responsables de la dirección, coordinación y control de las actividades rutinarias y periódicas y demás acciones en favor de la adecuada y oportuna conservación de las carreteras. Estos profesionales hacen parte de Grupos de Administración Vial a cargo de tramos viales en el territorio, dirigidos por una Dirección Territorial.

Con una periodicidad trimestral se compila en un informe el trabajo realizado por el grupo de administración vial en cumplimiento de sus labores, en el cual se consigna información sobre atención de emergencias, actividades de mantenimiento, tiempos de afectación y recursos necesarios. Estos documentos están disponibles para consulta interna del INVIAS.

3.2. Importancia del inventario de procesos de inestabilidad

Con el fin de obtener resultados confiables en los análisis de amenaza y riesgo, es muy importante tener conocimiento sobre las características espaciales y temporales de los procesos de inestabilidad y sus consecuencias, lo cual constituye el objetivo principal del inventario. Todo estudio de amenaza y riesgo por movimientos en masa debería empezar por la elaboración de un inventario de procesos de inestabilidad lo más completo posible (Corominas & Mavrouli, 2011). Considerando que el objetivo del análisis propuesto en esta guía está enfocado a determinar el potencial de afectación de la vía y su funcionamiento por la ocurrencia de movimientos en masa o procesos de inestabilidad, la mayoría de los datos que actualmente son recopilados a través de los instrumentos para la atención de emergencias por INVIAS, constituyen la fuente principal de información. Sin embargo y con el fin de contar con criterios técnicos basados en el conocimiento de los factores causales de los procesos de inestabilidad, es importante profundizar en la caracterización geoambiental que define las zonas en las que se ha emplazado la red vial nacional. En este sentido, es recomendable la incorporación de conceptos como los que se tratan en los inventarios de movimientos en masa de acuerdo con los lineamientos presentados por el Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2017). Idealmente, se debe contar con bases de datos no sólo de la infraestructura vial y atención de emergencias, sino también relacionada con aspectos que permiten tener una visión prospectiva del problema como:

- Geología: litologías o tipos de material deslizado, suelos y rocas.
- Geomorfología: morfometría y morfología de las laderas.
- Uso del suelo y cobertura de la tierra: El factor antrópico como posible causal de inestabilidad.
- Tipo de movimiento en masa y dimensiones: características relacionadas con la actividad, del movimiento en masa, el tipo de movimiento según terminología estándar, dimensiones, percepción de amenaza y riesgo y factores causales (contribuyentes o detonantes).

Como se verá más adelante, todos los componentes del análisis del riesgo se basan en la información consignada en el inventario de procesos de inestabilidad.

Dado que existen múltiples fuentes de información para la elaboración del inventario de procesos, es necesario establecer al menos a nivel general una estructura estándar para la toma de datos y almacenamiento de la información, esto con el fin de poder empezar a tener aproximaciones cuantitativas al análisis del riesgo. En el siguiente apartado, se presentan algunas recomendaciones al respecto.

3.3. Estandarización de la información

En relación con la terminología sugerida para la clasificación y descripción de movimientos en masa, se recomienda aplicar las definiciones adoptadas por el Servicio Geológico Colombiano (SGC.2015 y SGC.2017) para el inventario de procesos morfodinámicos, las cuales están basadas en estándares como los presentados en el PMA: GCA (2007).

Considerando que para los diferentes análisis presentados en esta propuesta se requiere contar con una capa de información SIG de los procesos de inestabilidad inventariados, se recomienda establecer una base de datos con los atributos y recomendaciones presentadas en los anteriores numerales. Para la representación cartográfica de los procesos de inestabilidad, se recomienda el sistema propuesto por el SGC (2017).

En el caso en que el levantamiento de procesos de inestabilidad sea lineal (para una longitud definida de la vía), en la que a criterio experto las condiciones de susceptibilidad y amenaza sean similares, la

representación cartográfica de los procesos puede ser como una entidad tipo línea. En este caso deben definirse los criterios para la caracterización de los procesos de inestabilidad, ya que los atributos de esta entidad deben ser los mismos que para una entidad tipo polígono o punto, según sea el caso. Es recomendable trabajar con los datos promedio o con los máximos posibles para la evaluación de consecuencias.

4. ANÁLISIS DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA.

Siendo la amenaza una condición de ocurrencia de un evento con el potencial de causar daño, su descripción para movimientos en masa se ha propuesto en la literatura a partir de la localización y tipo de movimiento en masa, magnitud, distancia de viaje y frecuencia de ocurrencia. En esta guía el análisis de amenaza está enfocado a los escenarios de afectación a la vía, de tal manera que se vincula con el análisis de vulnerabilidad.

De acuerdo con la definición de la amenaza, asumiendo probabilidades independientes, ésta se puede expresar:

$$H = P_V * P_t * S \quad \text{Ecuación 2}$$

En donde: H es la amenaza expresada como la probabilidad de que ocurra un movimiento en masa con un determinado volumen, PV; en un periodo establecido Pt y una probabilidad espacial del movimiento en masa, S, que puede asimilarse a la susceptibilidad por movimientos en masa en el corredor geotécnico. Por tanto, la evaluación de la amenaza debe responder a “dónde”, “de qué tamaño” y “qué tan frecuentemente” se presenta un movimiento en masa que tiene la potencialidad de afectar la vía en estudio.

Con base en la disponibilidad de información en términos de suficiencia, representatividad y calidad de los registros de movimientos en masa contenidos en el inventario de procesos morfodinámicos (capítulo 2) y de atributos como localización, volumen y fechas de ocurrencia, se propone un análisis cuantitativo tal como se describe en la Ecuación 2. Igualmente, en caso que no se cuente con suficiente información, se establecen en esta guía matrices de amenaza para realizar el análisis cualitativo. En cualquier caso el análisis se realiza en las zonas de susceptibilidad muy alta, alta y media, las cuales fueron categorizadas con base en el número de movimientos en masa por kilómetro (# de MM/km) que a su vez corresponden a uno de los componentes de la función de la amenaza.

Una de las mayores limitaciones para el análisis cuantitativo del riesgo en vías es la gran demanda de datos que éste implica. De acuerdo con el estado actual de la información histórica recopilada, se propone una primera aproximación al análisis cuantitativo con base en la probabilidad anual de ocurrencia de movimientos en masa. Diversos tipos de amenaza en un corredor vial pueden llegar a requerir diferentes descriptores, sin embargo, como resultado en el cálculo de riesgo todos deben considerarse como pérdidas anuales por unidad de longitud.

En la metodología propuesta, en especial, la probabilidad de un tipo de movimiento en masa de una magnitud dada, debe considerarse en estrecha relación con los escenarios de afectación, los cuales dependen de las características de la infraestructura vial.

Dado que uno de los componentes de la amenaza corresponde a la probabilidad espacial de ocurrencia de movimientos en masa o susceptibilidad, a continuación se presentan algunas recomendaciones para la zonificación de susceptibilidad, como primer insumo para el análisis de amenaza.

4.1. Zonificación de la susceptibilidad

La zonificación de susceptibilidad por movimientos en masa es el primer paso para los análisis de amenaza y riesgo. A partir de la zonificación de susceptibilidad se obtienen tanto las áreas más probables para la ocurrencia de movimientos en masa (zonas o puntos de inicio), como las áreas posiblemente afectadas, definidas por el alcance o distancia de viaje. Como se describe en la guía del SGC (2017), dado que cada tipo de movimiento está caracterizado por unas condiciones específicas que determinan tanto las zonas donde este ocurrirá (inicio) como su alcance (distancia de viaje), se deben realizar análisis de susceptibilidad por tipo de movimiento de acuerdo con los procesos que se puedan presentar en cada zona de estudio.

En la presente guía se adopta la metodología propuesta para la zonificación de susceptibilidad por tipo de movimiento en masa presentada en la guía SGC (2017). En este documento, se presentan algunas recomendaciones y detalles para la zonificación de susceptibilidad en corredores viales siguiendo la metodología mencionada, de acuerdo con los tipos de movimiento en masa presentados en el numeral 1.2. En cualquier caso, la elección de la metodología más adecuada depende de la calidad y cantidad de datos, así como del conocimiento experto de la zona de estudio.

Para la zonificación de susceptibilidad y amenaza se pueden plantear dos aproximaciones:

1. Analizar las zonas fuente o de inicio de procesos y analizar su posible propagación (distancia de viaje) separadamente y combinarlas con una matriz cualitativa o mediante criterios empíricos.
2. Analizar los procesos y su propagación directamente desde y hacia la vía con base en el inventario histórico de los procesos.

Según el escenario considerado, puede no ser necesario el análisis de propagación remontante o retrogresiva, como en el caso de pérdidas de banca por inestabilidad del talud o ladera inferior. Por otro lado, en procesos originados en laderas o taludes superiores con capacidad de depositarse sobre la vía, el análisis de propagación es más relevante que el de zonas de inicio. Es importante tener en cuenta que el resultado de la zonificación de susceptibilidad debe permitir establecer el potencial de afectación de la funcionalidad de la vía por la ocurrencia de movimientos en masa.

Insumos para la zonificación de susceptibilidad

Para la zonificación de susceptibilidad se requieren los siguientes insumos cartográficos:

1. Modelo Digital de Elevación (DEM) del terreno
2. Capa de delimitación del corredor geotécnico
3. Capa de procesos de inestabilidad
4. Capa de Unidades geológicas superficiales (UGS)
5. Capa de Subunidades Geomorfológicas
6. Capa de cobertura y uso del suelo

En la guía del SGC (2017) se describen algunas recomendaciones sobre el alistamiento de la información para su procesamiento en SIG. En el Anexo 1 se presentan algunas consideraciones para el levantamiento de Unidades Geológicas Superficiales y Subunidades Geomorfológicas, en el marco de la metodología propuesta.

Las temáticas de cobertura de la tierra y uso del suelo se realizan teniendo en cuenta las consideraciones contenidas en la guía Metodológica para la Zonificación de Amenazas por Movimientos en Masa a Escala 1:25.000 del SGC (2017), no obstante, las condiciones de actividad antrópica en las vías y áreas de influencia es alta comparada con las zonas cuyos usos del suelo son direccionados a la conservación y protección de los recursos naturales; por lo tanto se realiza un ajuste metodológico, el cual no contempla la priorización de zonas de baja intervención por deforestación (bosque denso alto y bajo de tierra firme) y el análisis del cruce de cada una de las temáticas (cobertura y uso del suelo) con el inventario de movimientos en masa, se realiza

por cada uno de los segmentos viales definidos como aporte en la respectiva caracterización la cual retroalimenta la etapa de susceptibilidad y amenaza del modelo.

A partir de lo anterior se sugiere realizar el análisis multitemporal a la totalidad de la zona objeto de estudio a partir de la generación del mapa de coberturas del tiempo actual CCT-(t1) y tiempo anterior CCT-(t0) respectivamente (Figura 21), en el área correspondiente al corredor geotécnico.

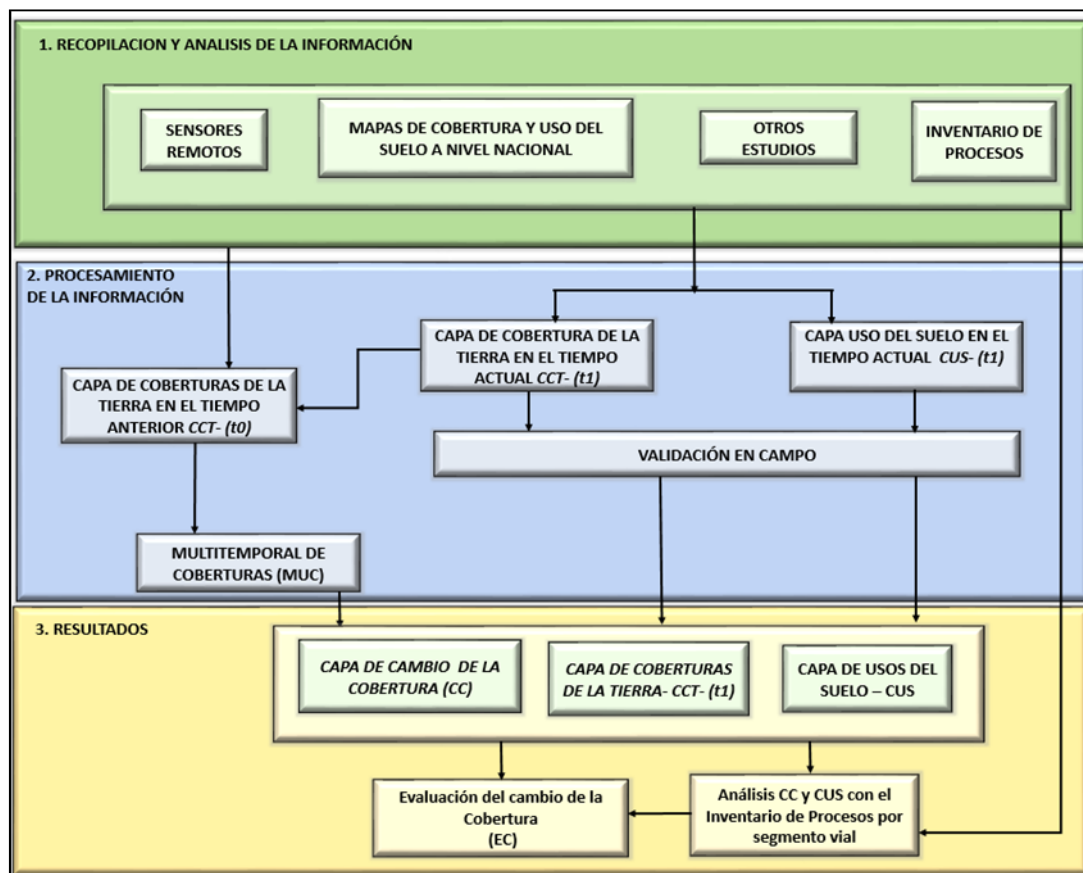


Figura 1. Metodología para la generación de la variable cobertura de la tierra y uso del suelo utilizada para el proceso de zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:25.000 para proyectos lineales.

Fuente: autores

Puntos o zonas de inicio

Considerando las observaciones presentadas en el capítulo 2, durante el levantamiento de procesos de inestabilidad deben diferenciarse los procesos originados en laderas naturales y los procesos originados en taludes de corte, esto con el fin de realizar el tratamiento estadístico de los datos según condiciones de inicio diferentes. En la mayoría de los casos son más frecuentes los registros de inestabilidad asociados a taludes de corte, que los asociados a laderas naturales, por lo que se hace necesario complementar el inventario de procesos con fuentes de información regionales, tales como fotografías aéreas o imágenes de satélite siguiendo las recomendaciones presentadas en la metodología SGC (2017).

Los tipos de procesos y zonas de inicio deben combinarse para decidir el tipo de metodología que se debe aplicar, así como, la suficiencia de datos para los análisis; un proceso muy recurrente en los corredores viales nacionales, por ejemplo, es la caída de rocas en taludes de corte superiores. Con una descripción general como esta, pueden organizarse los datos con el fin de decidir la metodología a utilizar.

Considerando que para el inventario de procesos de inestabilidad se ha acudido a fuentes de información con diferente resolución espacial y que algunos elementos de la vía no pueden ser representados en la cartografía base disponible (Escala 1:25.000), es importante tener presente que las zonas de inicio de movimientos en masa asociadas a taludes de corte de la vía pueden ocasionar conflictos entre su representación y la resolución de los atributos que las caracterizan. En casos como este el criterio experto es relevante para la adecuada presentación de los resultados.

Para la zonificación de susceptibilidad por zonas de inicio se recomienda seguir la metodología presentada en la guía del SGC (2017) para todos los tipos considerados: deslizamiento, caída, flujo y reptación.

Zonas de propagación o distancia de viaje

El análisis de propagación o distancias de viaje debe permitir establecer el nivel de exposición de la vía y su infraestructura asociada ante la posible ocurrencia de un proceso de inestabilidad. Este análisis es muy relevante en el caso en que se consideren procesos de inestabilidad que pueden movilizarse y afectar la vía por impactos o depósito de material. Propagación por efectos de retrogresión o ensanchamiento de los procesos, deben ser considerados en el análisis de zonas de inicio en el caso en que se identifique potencial de afectación a la vía.

Los métodos de análisis de propagación de movimientos en masa pueden agruparse en dos (McDougall, 2017):

1. Métodos empíricos – estadísticos: Basados en correlaciones estadísticas de la geometría de movimientos en masa y depósitos
2. Métodos analíticos y numéricos: Basados en modelación analítica o numérica.

Existen algunos métodos que combinan los dos tipos para la calibración de parámetros.

Debido a la complejidad que representa este tipo de análisis y la disponibilidad de datos, los métodos empíricos – estadísticos son los más usados para este tipo de análisis y pueden aplicarse en la metodología de zonificación de susceptibilidad a escala media. Se han presentado correlaciones inversas entre el volumen del movimiento en masa y el ángulo de alcance o el fahrböschung (figura 22a), así como, correlaciones entre el volumen del movimiento en masa y el área cubierta por el depósito (figura 22b). Estas relaciones presentadas en Hungr et al. (2005), en general son de la forma:

$$\text{Log tan } \alpha = A + B \text{Log } V \quad \text{Ecuación 3}$$

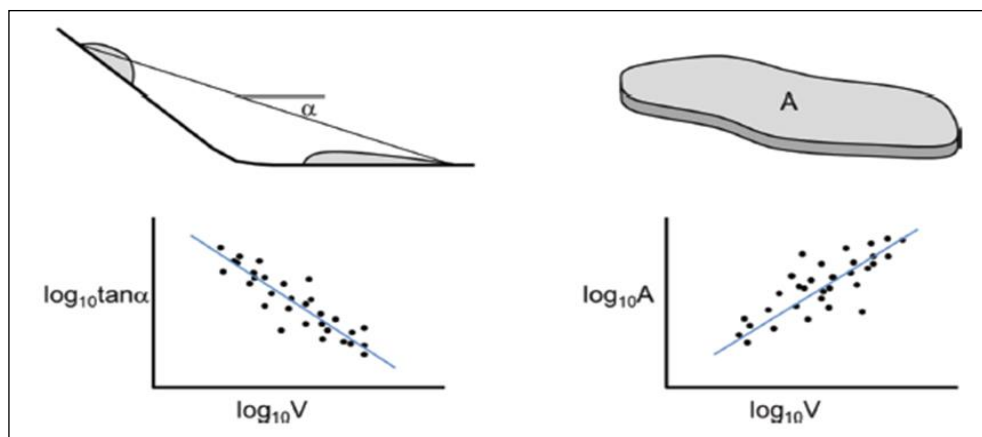


Figura 2. Representación esquemática de correlaciones geométricas para la estimación de la distancia de viaje de movimientos en masa; a) Volumen v y ángulo de alcance α , y b) Volumen v y área de depósito A .
Fuente: McDougall (2017).

Donde α es el ángulo de alcance, A y B son coeficientes que dependen del tipo de movimiento en masa y el nivel de confianza de los datos y V es el volumen del movimiento en masa.

Finlay et al. (1999), propusieron relaciones entre la geometría (vista en perfil) del movimiento en masa y la distancia de viaje (Figura 23) a partir de datos tomados en Hong Kong de acuerdo con la Ecuación 4.

$$\log L = C_0 + C_1 * \log H + C_2 * \log(\tan A) \quad \text{Ecuación 4}$$

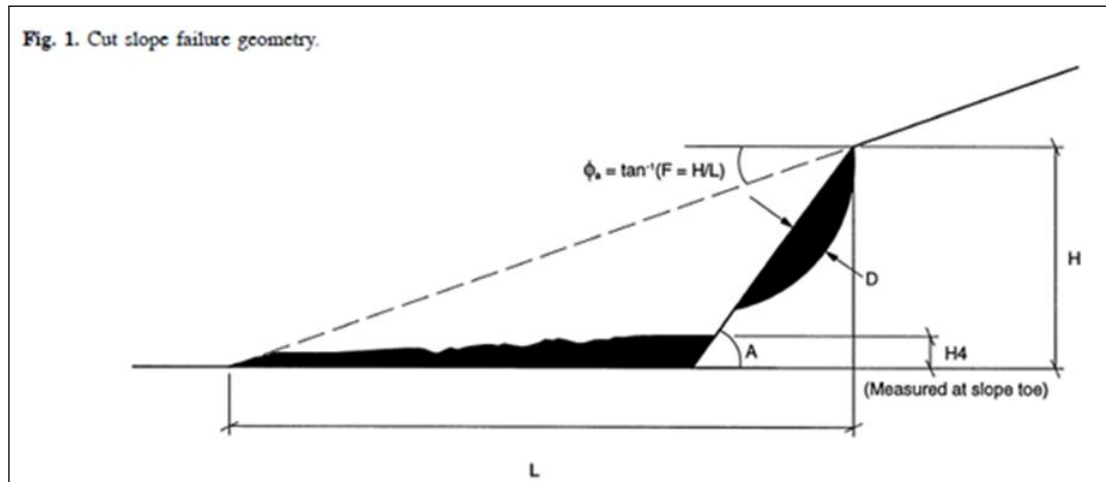


Figura 3. Relación entre la geometría del movimiento en masa y la distancia de viaje L
Fuente: Finlay et al., 1999

Donde L es la distancia de viaje, C_0 , C_1 y C_2 son coeficientes que dependen del tipo de movimiento en masa analizado y el nivel de confianza de los datos para la predicción y A es la pendiente del talud o ladera.

Un detalle sobre los datos para la aplicación de estas ecuaciones puede consultarse en la guía del SGC (2015).

Utilizando el método del ángulo de alcance pueden obtenerse algunos límites probables para diferentes volúmenes de los movimientos en masa, con el fin de categorizar la susceptibilidad por distancia de viaje. En el caso en que pueda estimarse un volumen potencialmente inestable, existirá un rango de ángulos de alcance que limite los datos obtenidos en un rango de magnitud. Esta incertidumbre se puede considerar en términos de probabilidad de excedencia de una distancia de viaje como se ilustra en la figura 24.

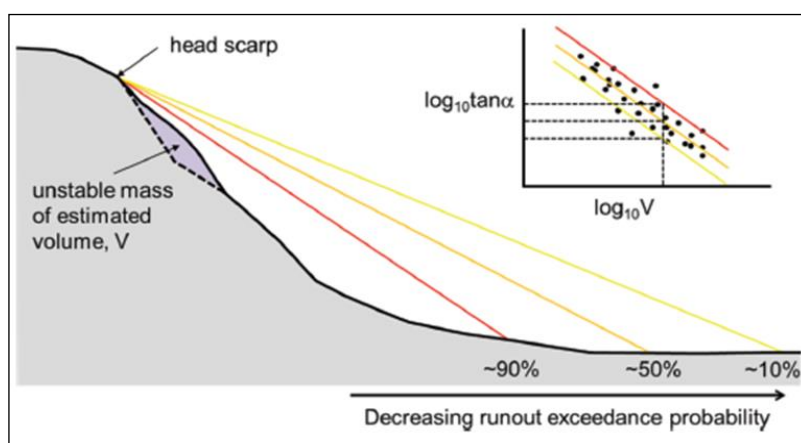


Figura 4. Análisis probabilístico del ángulo de alcance y el volumen del proceso de inestabilidad

Fuente: McDougall, 2017

Dado que la geometría de la ladera o talud puede ser difícil de obtener a partir de los insumos cartográficos disponibles, es recomendable estimarla en el levantamiento de campo al menos para los procesos de inestabilidad activos. Cuando la zonificación de susceptibilidad se realiza considerando por separado las zonas de inicio y las distancias de viaje que determinan las zonas de depósito, es posible aplicar los criterios presentados en la guía del SGC (2017), con el fin de determinar si los movimientos en masa tienen la posibilidad de afectar la vía y su infraestructura asociada.

Para este tipo de análisis existen herramientas informáticas en entornos SIG que utilizan métodos empíricos – estadísticos como Flow – R (Horton et al., 2013) o CONEFALL (Jaboyedoff & Labiouse, 2011) para la determinación de la distancia de viaje de procesos tipo caída y flujo a escala media. Como se menciona en la guía del SGC (2017), los resultados obtenidos a partir de estas modelaciones, deben ser calibrados y validados a partir del histórico de procesos.

Si la zonificación de susceptibilidad por zonas de depósito se realiza analizando los datos obtenidos a partir del análisis de datos históricos de afectaciones sobre la vía, es recomendable calcular el ángulo de alcance o el fahrböschung para los taludes (asociados siempre a la vía) o laderas inestables por separado, determinado desde la vía hacia el talud o ladera superior (el posible punto de inicio del movimiento en masa). Este enfoque permite obtener órdenes de magnitud de las geometrías que pueden afectar la vía. En el caso de taludes de corte muy inclinados que limitan directamente con la vía y en donde la valoración por criterio experto indique la inminencia de afectación de la vía por la ocurrencia del movimiento en masa, se puede prescindir de este tipo de análisis. Una valoración rápida para toma de datos en campo puede consistir en medir desde la vía el ángulo de alcance y compararlo con algunos valores reportados en la literatura, como los que se describen a continuación presentados por Kappes et al., (2012) para procesos tipo caída de roca y deslizamientos superficiales. Para procesos tipo flujo, es necesario hacer un análisis más riguroso considerando el menos las herramientas mencionadas anteriormente.

Distancia de viaje en procesos tipo caída de roca

De acuerdo con Kappes et al., (2012), para caídas de roca se han definido los ángulos de alcance descritos en la Tabla 2.

Tabla 1. Ángulos de alcance para caídas de roca

Autor	Condiciones	Ángulo
-------	-------------	--------

		u l o d e a l c a n c e (°)
Rickli et al. (1994)	Bloques pequeños si la resistencia es baja y el terreno suave, o para bloques grandes	3 3
	Bloques medianos a pequeños si la resistencia es alta y el terreno es rugoso.	3 5
	Bloques pequeños con alta resistencia y terreno rugoso	3 7
Copons & Vilaplana (2008); Copons et al., (2009)*	Percentil 90	4 1. 3
	Percentil 99	3 9. 5
	Percentil 99.9	3 6. 9
Jaboyedoff & Labiouse (2003)		3 3
Onofri & Candian (1979, citado por Jaboyedoff, 2003)		2 9

*Datos obtenidos del análisis estadístico de eventos en la Solà d'Andorra la Vella
Fuente: Revisión presentada por Kappes et al., 2012

Los valores presentados en la tabla 2 pueden ser tomados como referencia para la definición de umbrales del ángulo de alcance en este tipo de procesos, medidos desde la vía hacia el punto de inicio.

4.1.1.1. Distancia de viaje en deslizamientos superficiales

Siguiendo el enfoque presentado anteriormente, Kappes et al., (2012) presentan los datos de la Tabla 3 para la estimación del ángulo de alcance en deslizamientos superficiales.

Tabla 2. Ángulos de alcance para deslizamientos superficiales. Se asume una pérdida de fricción constante igual a 20°.

Autor	Condiciones	Ángulo de alcance (°)
Corominas (1996)		≈39
Corominas et al., (2003)	Deslizamientos con volumen < 800 m ³	26
	Deslizamientos con volumen > 800 < 2000 m ³	22
	Deslizamientos con volumen > 2000 m ³	20

Fuente: Revisión presentada por Kappes et al., 2012

Clasificación de la susceptibilidad

Para definir las categorías de susceptibilidad se deben seguir los lineamientos de la guía del SGC (2017), en la cual se parte del resultado del análisis de deslizamientos con el método estadístico bivariado, para luego superponer los resultados de los demás tipos de procesos. Dado que la zonificación de susceptibilidad según esta metodología está enfocada a planificación en términos de áreas (# de MM por Pixel) y la vía es una obra lineal, se recomienda normalizar los resultados según un descriptor de número de movimientos en masa por km de vía. Las categorías de susceptibilidad alta debe tener el mayor número de deslizamientos por km con capacidad de afectar la vía (más del 75%).

Estas categorías de susceptibilidad están definidas por la capacidad del movimiento en masa para afectar la vía, la cual a su vez, para el escenario de inestabilidad del talud o ladera superior, está definida por la distancia de viaje como una función del volumen o geometría del movimiento en masa de un tipo definido.

Para el escenario de pérdida de banca por inestabilidad en el talud o ladera inferior, la capacidad de afectación de la vía está relacionada con la posible retrogresión del movimiento en masa, para lo cual se deben considerar valoraciones de juicio experto (heurísticas) a partir del análisis de características indicativas en el levantamiento de campo.

4.2. Definición de subzonas y escenarios de amenaza

Una vez se obtiene la zonificación de la susceptibilidad para cada tipo de movimiento y sección de la vía, se definen las subzonas para el análisis de la amenaza, con base en la respectiva categoría de susceptibilidad, la sección homogénea de la vía y la información disponible. La misma cantidad de información, como fechas de ocurrencia, volúmenes y afectaciones, no está disponible para todo el corredor, por lo cual se pueden calcular probabilidades temporales y de magnitud y aplicarse en aquellos sectores con condiciones de susceptibilidad similares en las que no se cuenta con información (figura 25). Lo anterior, asumiendo que hay una relación magnitud - frecuencia en laderas o taludes con condiciones intrínsecas similares (Mavrouli, 2018).

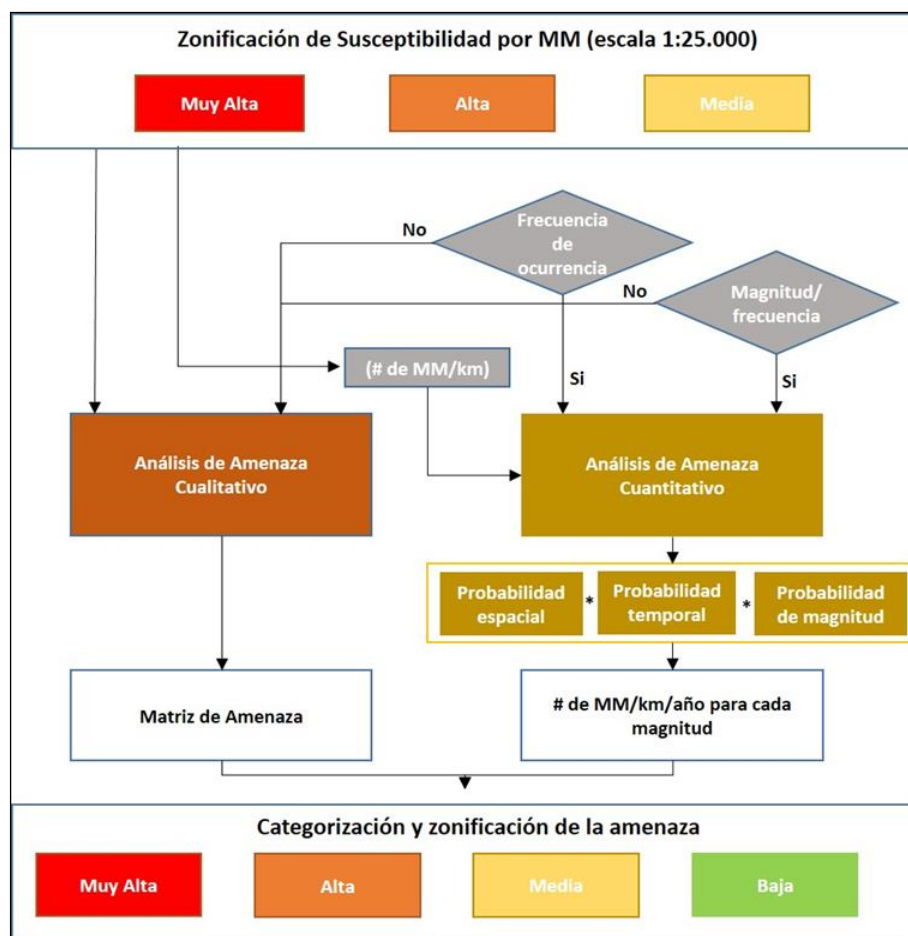


Figura 5. Análisis de amenaza para cada escenario particular.
Fuente: autores

4.3. Análisis cuantitativo de la amenaza

Una vez se considere que la cantidad y calidad de la información disponible es suficiente se propone aplicar el análisis cuantitativo que se describe a continuación.

Probabilidad espacial

La probabilidad espacial de ocurrencia de un movimiento en masa se establece en el análisis de susceptibilidad, la cual se categoriza con base en el número de movimientos en masa por unidad de longitud. Chung y Frabbi (1999) en Guzzetti (2005) proponen estimar la probabilidad de futuros movimientos en masa en un sector dado, con base en la probabilidad de los movimientos en masa ocurridos en el pasado en el mismo sector, en condiciones geoambientales similares.

Para cada subzona de amenaza se establece la probabilidad espacial como el número de píxeles de movimientos en masa respecto al número de píxeles de la categoría. El descriptor de amenaza puede darse como el # de MM/km que pueden afectar la infraestructura vial.

Probabilidad temporal

La probabilidad temporal se determina con base en las fechas de ocurrencia de movimientos en masa en el periodo en el que haya registro, ya sea por primera vez o como reactivaciones. La probabilidad temporal

también puede estar relacionada con los periodos de retorno del detonante (lluvia o sismo) que dieron lugar a eventos de movimientos en masa. Si el número de años con registros de lluvias e inventarios de eventos asociados es de al menos 30 años puede considerarse calcular probabilidades para periodos de retorno de 50 años.

En el caso que no se cuente con suficientes registros se propone establecer el número de movimientos en masa por unidad de longitud por año. A continuación (tabla 4), se observan el número de deslizamientos por año (durante 7 años) en la subzona definida entre el PR 2+009 y el PR 9+617 (7,62 km) del corredor vial Popayán - Río Mazamorra (Ruta 2002):

Tabla 3. Número de movimientos en masa en la subzona

Sub zona								
2+00 9 - 9+61 7								

Fuente: autores

Por tanto, el número de deslizamientos por km es 11,68 (89/7,62) y el número de deslizamientos por km por año es 1,67 (11,68/7).

Por tanto, el valor de 1,67 deslizamientos/km/año corresponde a la frecuencia de la subzona analizada.

4.3.1.1. Análisis de frecuencias de eventos de deslizamientos – Distribución de Poisson

La probabilidad de que ocurra un deslizamiento puede ser estimado con base en los eventos del pasado, bajo la suposición que su recurrencia puede obedecer al azar e independientemente (Corominas y Moya, 2008).

Cuando los registros con fechas de ocurrencias de deslizamientos cubren un largo periodo de tiempo, en un espacio definido, la distribución de Poisson permite, a partir de datos discretos y una frecuencia media de ocurrencia, calcular la probabilidad de que ocurra un determinado número de eventos durante un cierto periodo de tiempo. Esta distribución de probabilidad es indicada para sucesos con probabilidades pequeñas y se usa para evaluar probabilidades anuales de ocurrencia de deslizamientos.

La probabilidad de ocurrencia de al menos uno o más deslizamientos en un tiempo t (años) es:

$$P(N \geq 1; t) = 1 - (e^{-\lambda t}) \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde N es el número de deslizamientos que ocurren durante un tiempo t ; λ es el promedio de ocurrencias de deslizamientos en el intervalo (## de MM/# de años). Esta relación está muy relacionada con la magnitud de los deslizamientos y el tipo de movimiento en masa que se esté evaluando.

4.3.1.2. Correlación con los detonantes

El periodo de retorno de las precipitaciones o del sismo que generan movimientos en masa puede tomarse como una medida indirecta de la probabilidad de ocurrencia.

Se debe considerar que los umbrales de lluvia o de sismo que detonan movimientos en masa dependen de los factores condicionantes del área específica de estudio (susceptibilidad) como la geología, la cobertura de la tierra y la geomorfología que incluye la pendiente del terreno. Adicionalmente, hay otros factores que pueden condicionar la iniciación de un movimiento en masa como es la humedad del terreno dada las lluvias antecedentes (días o meses) al evento. Por tanto, los umbrales son específicos para el evento y la zona específica analizada (Guzzetti, 2007).

Siendo los corredores viales, obras lineales que pasan por diferentes ambientes geológico – geomorfológicos y zonas climáticas, con el fin de definir los periodos de retorno asociados a los movimientos en masa a lo largo del corredor vial, es importante contar con estaciones hidrológicas cercanas.

En general, esta metodología puede ser aplicada cuando se cuenta con mínimo tres eventos de lluvias o sismos que han detonado movimientos en masa, para los cuales no solamente se definen los periodos de retorno sino las relaciones magnitud – frecuencia de cada uno de los eventos.

El análisis propuesto para calcular la probabilidad temporal a partir de umbrales de lluvia, está descrito en detalle en SGC (2017).

Probabilidad de la magnitud

4.3.1.3. Relación Volumen (o Área) – Frecuencia

La relación volumen (o área) versus la frecuencia de movimientos en masa requiere información suficiente para ajustarla a una función de recurrencia, por lo general a una potencia inversa (Malamud, 2004; Guzzetti et al., 2002; Corominas y Moya, 2008), que se puede expresar como:

$$N_E = C * A_L^{-\beta} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde NE es el número acumulado de movimientos con magnitudes iguales o mayores que A, AL es la magnitud del movimiento en masa (usualmente expresado como el tamaño: volumen o área) y C y β son constantes (Corominas y Moya, 2008). Esta relación no es lineal en toda la subzona en una escala log-log, debido a que existe un efecto “rollover” para los movimientos en masa con magnitudes pequeñas, esto debido a que no son identificados en los sensores remotos o no son registrados porque no causan daños importantes, generándose un subregistro de estos movimientos en masa.

Si se cuenta con un registro completo de inventario de movimientos activos se puede realizar un análisis de volumen - frecuencia, con el cual se obtiene la probabilidad para cada rango de magnitud en una subzona específica, como en el siguiente ejemplo presentado en la tabla 5.

Tabla 4. Cálculo de probabilidad de una magnitud específica para la subzona PR 2+009 - PR 9+617 del corredor Popayán - Río Mazamorra Ruta 2002

Magnitud	I	II	III	IV
Volumen (m3)	< 60	60-140	140 - 400	>400

# de deslizamientos	23	16	15	14
Probabilidad	0,338	0,235	0,221	0,206

Fuente: autores

4.4. Relación Magnitud - Consecuencias

4.4.1.1. Deslizamientos y caídas en talud o ladera superior

En este escenario se consideran los deslizamientos con un volumen que generan afectaciones a la infraestructura vial representadas en cierres parciales o totales y que implican la remoción de un volumen de material para reestablecer la funcionalidad de la vía. Por tanto, la relación volumen - afectaciones permiten definir rangos de magnitudes que son específicas del corredor analizado y se encuentran en la información secundaria recopilada. Debe tenerse en cuenta que los volúmenes relacionados en la información secundaria están medidos como la cantidad removida para restablecer la funcionalidad de la vía y en la información primaria se calcula como el volumen potencial medido desde la zona de inicio incluyendo el depósito.

Tanto para el análisis cualitativo como cuantitativo del riesgo se establecen rangos de volúmenes en las subzonas asociados a las consecuencias. Sin embargo, para este último la definición de la subzona debe contener como parámetro los tamaños promedios de los bloques. En la Tabla 6 se presentan los descriptores de consecuencias y magnitudes para escenarios de inestabilidad en taludes o laderas superiores.

Tabla 5. Relaciones magnitud (volumen) - consecuencias

Magnitud	Descripción
I	Los escombros del movimiento en masa alcanzan hasta un 15% del ancho de la calzada. El nivel de servicio de la vía no se ve afectado ante este tipo de eventos. No se presenta ningún tipo de cierre.
II	Los escombros del movimiento en masa obstruyen entre un 15% y el 60% de la calzada. El flujo vehicular se limita al tránsito por un solo carril. Se presenta cierre parcial. Nivel de servicio afectado por la reducción de ancho de calzada.
III	Los escombros del movimiento en masa obstruyen más del 60% de la calzada. Se presenta cierre total de la vía. El tiempo de rehabilitación parcial de la vía es menor a dos horas. No hay funcionalidad de la vía
IV	Los escombros del movimiento en masa obstruyen más del 60% de la calzada. Se presenta cierre total de la vía. El tiempo de rehabilitación parcial de la vía es mayor a dos horas. No hay funcionalidad de la vía

Fuente: autores

1.1.1.1 Movimientos en masa en talud o ladera inferior

En este escenario se consideran los deslizamientos que generan afectaciones a la infraestructura vial representadas en pérdida de banca parcial o total y que implican la reparación o reconstrucción de la calzada afectada.

Para este escenario en la información secundaria la magnitud se relaciona con datos de área de la vía destruida, longitud de la calzada afectada y tipo de cierre (total o parcial). En la información primaria se establecen las evidencias de campo como reparaciones recientes que incluyen obras de contención y estado del pavimento, al igual que agrietamientos en la calzada, los cuales están registrados en los formatos del ANEXO 2.

En la Tabla 7 se presentan los descriptores de consecuencias y magnitudes para escenarios de pérdida de banca y las afectaciones que produce en la infraestructura vial.

Tabla 6. Descriptores para las magnitudes según afectación

Magnitud	Descripción
I	El área de afectación no alcanza la calzada. Se pueden generar daños estructurales en berma, cuneta y hasta el 15% del ancho de calzada. La funcionalidad de la vía conserva su nivel de servicio.
II	El área de afectación alcanza hasta media calzada y se presenta daño estructural en la infraestructura, genera cierre parcial de la vía y el nivel de servicio se reduce.
III	El área de afectación alcanza hasta el 60% de la corona de la vía, se produce cierre total y el nivel de servicio se reduce al mínimo.

Fuente: autores

4.5. Análisis Cualitativo de la Amenaza

Teniendo en cuenta que el análisis de amenaza en términos cuantitativos requiere información histórica de los tipos de movimientos en masa que ocurren en el sector vial en estudio, al igual que de las consecuencias de los mismos relacionadas con frecuencias de ocurrencia y magnitudes asociadas, la cual puede no estar disponible en el tramo o sector a evaluar, como forma alternativa de evaluación de la amenaza, se propone el análisis cualitativo de la amenaza, tomando como punto de partida el mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa.

Como ya se mencionó, la susceptibilidad representa la posibilidad de que pueda ocurrir el inicio de un cierto tipo de movimiento en masa debido a las condiciones intrínsecas o condicionantes del terreno, las cuales en términos de amenaza se expresa considerando la frecuencia de ocurrencia y magnitud de los mismos. Con base en las categorías de susceptibilidad muy alta, alta y media y las características del corredor vial, se establecen las subzonas de acuerdo con los escenarios de amenaza definidos.

Frecuencia Relativa Cualitativa

La definición de la frecuencia relativa cualitativa de ocurrencia de movimientos en masa, debe establecerse para los procesos que han afectado o puedan afectar la infraestructura vial y está relacionada con la definición

de la actividad del movimiento en masa, de acuerdo con lo descrito en el Anexo 3.1 numeral 2 de la Guía SGC (2017) en donde se describen los criterios morfológicos para determinar el estado de actividad general de un movimiento en masa, clasificándolo en movimiento activo o inactivo. Si el movimiento es activo o está documentado en el último año o en un periodo menor a 10 años, puede considerarse con recurrencia muy alta o alta, respectivamente y si es inactivo y además no ha sido documentado en los últimos 10 años, puede considerarse con recurrencia media (figura 26).

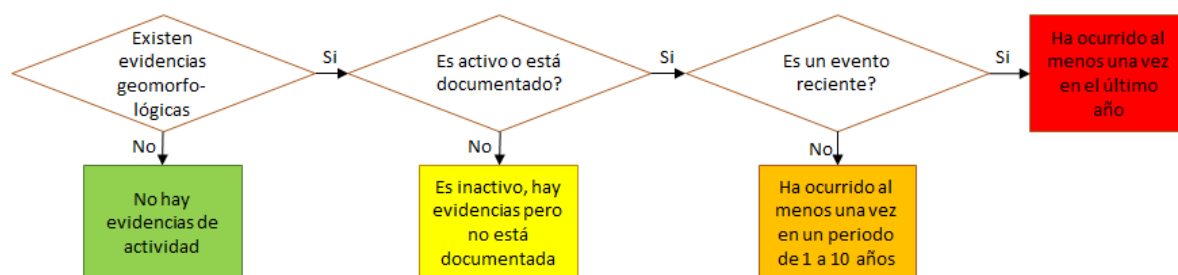


Figura 6. Árbol de decisiones para evaluar la frecuencia de ocurrencia de los movimientos en masa
Fuente: Adaptado de Sun, 2018

Matriz de amenaza

Para cada subzona³ se genera la matriz como el resultado de la interacción entre la frecuencia de ocurrencia de los movimientos en masa y la susceptibilidad, de tal manera que se definen los diferentes niveles de amenaza. El resultado espacial obtenido una vez se aplica la matriz de amenaza, es la zonificación de amenaza por movimientos en masa para cada subzona.

En la matriz de amenaza que se propone en la figura 27 la categoría de susceptibilidad muy alta se considera espacial y temporalmente como amenaza muy alta.

Frecuencia				
Susceptibilidad	Está activo y ha ocurrido al menos una vez en el último año	Está activo o está documentado y ha ocurrido al menos una vez en un periodo de 10 años o menos	Es inactivo, pero hay evidencias de la ocurrencia de un MM pero no está documentado	No hay evidencias de actividad
Alta	Muy Alto	Alta	Media	Media
Media	Alta	Media	Baja	Baja

Figura 7. Matriz de amenaza por movimientos en masa
Fuente: Adaptado de Sun, AO, 2018

4.6. Evaluación integral de la amenaza—análisis multiamenaza

La evaluación multiamenaza se propone como la combinación de la ocurrencia de eventos de diferentes tipologías con probabilidades independientes en una misma subzona, en un periodo de tiempo dado, Safeland (2011). Sin embargo, en evaluaciones de riesgo, el análisis multiamenaza es considerado sólo en función de las pérdidas esperadas. Lo anterior, debido a que la amenaza depende del tipo de movimiento en

³ espacio lineal de la vía que puede agruparse, ya sea por el resultado de la susceptibilidad, por la presencia de movimientos en masa del mismo tipo o por tamaños de movimientos en masa similares.

masa, de la intensidad del mismo (magnitud) y las consecuencias derivadas, que a su vez son función de la vulnerabilidad.

El cálculo de probabilidades independientes de amenaza para cada tipología de movimiento en masa en una misma subzona o segmento (definido en el numeral 3.5) y las respectivas consecuencias, serán consideradas en el cálculo del riesgo como la suma de las pérdidas esperadas.

En un análisis cuantitativo, cuando en una misma subzona se conjuguen diferentes tipos de movimientos en masa, la categorización de la amenaza se realiza mediante una superposición de escenarios de riesgo en la cual prevalece la categoría más desfavorable.

2.3.5.1 Criterios del riesgo

A partir de la experiencia de la Entidad respecto a la generación de herramientas para la toma oportuna de decisiones respecto a la valoración inicial del riesgo, es preciso reconocer que no se dispone de datos históricos que permitan definir la probabilidad de ocurrencia de eventos sobre los modos de transporte a cargo. De igual manera se desconocen los marcos temporales de la mencionada probabilidad pero se cuenta con la experticia de los administradores viales y los profesionales de las Direcciones Territoriales quienes reconocen los sitios de los tramos viales a cargo propensos a las consecuencias de los movimientos en masa, a accidentalidad entre otros efectos. Ello permitirá capturar información relevante para estructurar nuevas metodologías que acerquen a la entidad al conocimiento del riesgo.

A pesar de los importantes avances que se han obtenido y acogiendo al principio de gradualidad de la política pública de gestión del riesgo de desastres, se hace necesario validar la metodología propuesta en la guía, así como obtener los resultados de las acciones propuestas en el componente programático del PGRD, con el fin de determinar los niveles de riesgo y así mismo el grado en que el mencionado riesgo se torna aceptable o tolerable para cada uno de los modos de transporte teniendo en cuenta las particularidades propias de sus trazados en la ubicación en el territorio.

2.3.5.2 Valoración del riesgo

La valoración del riesgo incluye la identificación del riesgo, el análisis del riesgo, la evaluación del riesgo, concordante con el análisis y evaluación del riesgo en la Ley 1523 de 2012, para estimar daños y pérdidas potenciales, comparables con los criterios de seguridad ya establecidos, con el propósito de definir tipos de intervención mediante la reducción del riesgo o del manejo del desastre. La valoración del riesgo se realizará teniendo en cuenta la identificación

2.3.5.3 Identificación del riesgo

Corresponde a la caracterización del riesgo diferenciado en la infraestructura a cargo de la entidad tanto en el contexto interno como en el contexto externo; esta identificación debe ser exhaustiva con el fin de cubrir todas las posibilidades

2.3.5.4 La determinación de la metodología

Para la identificación de riesgos se deberá tener en cuenta los riesgos ya establecidos en los sistemas de gestión del INVIAS, la normatividad que territorialmente o sectorialmente aplique y se haya establecido parcial o totalmente en las reglamentaciones, términos de referencia, guías y demás documentos de acuerdo con las actividades propias de la entidad y la naturaleza de los escenarios de riesgo identificados. En los demás

casos se podrá adoptar cualquiera de los métodos sugeridos en la NTCIECIS031010:2009 o las demás normas que la reglamenten o sustituyan los cuales pueden incluir entre otros aspectos que sean necesarios en el contexto de los procesos y actividades propias de la entidad: La evidencia o datos históricos; la consulta a expertos y/o el razonamiento inductivo, en caso de que aplique.

2.3.5.5 Identificación de las causas y fuentes de riesgo

A partir de la descripción, ubicación y frecuencia de ocurrencia tanto para las actividades o procesos existentes como futuros, además de la afectación que se pueda generar en la actualidad o a futuro en el área de influencia o zona que podría ser afectada por consecuencia de efectos relacionados con la actividad desarrollada por la entidad en los diversos modos de transporte a cargo.

2.3.5.6 Caracterización de controles preventivos y correctivos

A partir de la identificación de los elementos que constituyen el riesgo:

- ✓ Identificar sistemáticamente todas las amenazas, tanto internas como externas, que puedan afectar la entidad.
- ✓ Listado de escenarios posibles y previsibles.
- ✓ Áreas de afectación probables impactos esperados acorde al tipo de evento amenazante.
- ✓ Identificación de los elementos expuestos dentro del área de afectación probable.
- ✓ Consecuencias potenciales o colaterales.
- ✓ Experiencias y lecciones aprendidas posteriores a la emergencia.
- ✓ Adopción de acciones en los tres procesos de gestión del riesgo de desastres.
- ✓ Actores relacionados.

2.3.5.7 Análisis del riesgo

Consiste en la determinación de consecuencias y probabilidades del riesgo permitiendo su reconocimiento y comprensión y el detalle de las amenazas, los elementos expuestos y el riesgo. El análisis del riesgo es un examen detallado para conocer sus características, cualidades o su estado y extraer conclusiones considerando las partes que lo constituyen; haciendo una diferenciación de la magnitud y gravedad de las consecuencias a nivel interno de las instalaciones de la actividad y del área de influencia de probable afectación.

Para realizar el análisis del riesgo se pueden utilizar métodos cualitativos, cuantitativos o semicuantitativos, cuyo grado de detalle requerido dependerá de la aplicación particular, la disposición de datos confiables de las necesidades para la toma de decisión de la entidad (NTC-ISO 31000:2009). Para lo cual se deberá tener en cuenta los sistemas de gestión, la normatividad que territorialmente o sectorialmente aplique y se haya establecido parcial o totalmente en las reglamentaciones, términos de referencia, guías y demás documentos pertinentes, de acuerdo con el tipo de actividades de interés y la naturaleza de los escenarios de riesgo identificados. No obstante, el método elegido será sistémico, repetible, exhaustivo y auditable.

- a. Definición de los métodos para estimar el nivel de consecuencias: efectos sociales, económicos y ambientales, deben incluirse los escenarios de mayores consecuencias y/o eventos extremos.
- b. Definición del método para el análisis de la posibilidad y estimación de la probabilidad: La posibilidad se entiende como el panorama general de alternativas que pueden suceder frente a un proceso o evento determinado (NTC-ISO 31000:2009) y la probabilidad se refiere a la ocurrencia específica de un proceso o evento determinado (NTC-ISO 31000:2009).
- c. Factores que afectan las probabilidades y las consecuencias, incluidos los esquemas de control establecidos por la entidad en el marco de los sistemas de gestión.

- d. Valoración de los controles existentes, en cuanto a la existencia, capacidad y funcionamiento o la comparación con criterios de seguridad establecidos por la entidad.
- e. Análisis de consecuencias a través de: una descripción sencilla o un modelo cuantitativo detallado o un análisis de vulnerabilidad; según se defina para cada tipo de actividad de naturaleza, magnitud y complejidad similar. Deberá considerar la ocurrencia de eventos externos.

2.3.5.8 Evaluación del riesgo

Permite determinar el nivel de riesgo asociado al nivel de probabilidad de que dicho riesgo se concrete y al nivel de severidad de las consecuencias de esa concreción (Art. 2.2.4.6.2. decreto N°1072 de 2015 Único del Ministerio de Trabajo o las demás normas que modifique, adicione, o sustituya o derogue); mediante la estimación del nivel de daños y las pérdidas potenciales o nivel estimado del riesgo con los criterios de riesgo definidos y establecidos en el contexto los cuales pueden ser entre otros los criterios de riesgo usados por actividades de naturaleza, magnitud y complejidad similar a lo establecido por cada sector.

2.3.5.9 La evaluación del riesgo

La evaluación del riesgo considera

- a. La comparación de los niveles estimados de riesgo según el contexto de la actividad desarrollada por la entidad pública y/o privada evaluada con el fin de determinar la importancia del riesgo, el nivel del riesgo y el tipo de riesgo teniendo en cuenta los referentes internacionales o los determinados por las autoridades competentes o los usados por actividades de naturaleza, magnitud o complejidad similar o los definidos por la entidad en sus sistemas de gestión.
- b. Priorización del riesgo.
- c. Elementos de entrada para la toma de decisiones: comprensión del riesgo (del análisis del riesgo), consideraciones éticas, legales, financieras percepción del riesgo.
- d. Identificación de medidas para el tratamiento del riesgo.

De esta forma la evaluación del riesgo está dirigida hacia la toma de decisiones, basada en el resultado de los análisis, para la priorización de los escenarios a través de los cuales se desarrollarán los métodos y estrategias del tratamiento del riesgo, que pueden ser medidas de reducción del riesgo y del manejo de desastre.

3. MONITOREO DEL RIESGO

El monitoreo del riesgo permite conocer el comportamiento en el tiempo de los riesgos, las amenazas y las vulnerabilidades las cuales pueden cambiar la valoración del riesgo incorporando de manera gradual al proceso de conocimiento.

Los procesos de monitoreo permiten evidenciar los cambios que se registren y es por ello que deben estar documentados y socializados por los miembros de la organización.

3.1 Protocolos o procedimientos

Este protocolo tiene como fin consolidar un proceso de Monitoreo que permita registrar datos históricos y generar alertas tempranas para la implementación de las acciones de mitigación a lugar; esto, con el fin de gestionar la captura y manejo de la información con miras a optimizar las metodologías en proceso, para el análisis del riesgo y sus factores en la red vial a cargo del INVIAS, y generar elementos a adoptar con antelación para reducir la amenaza, la exposición y disminuir la vulnerabilidad de las personas, los medios

de subsistencia, los bienes, la infraestructura y los recursos ambientales, evitando o minimizando los daños y pérdidas en caso de producirse los eventos físicos peligrosos (ver tabla 7).

WHAT	WHY	WHEN	WHERE	WHO	HOW	HOW MUCH
<p>Debe responder a la pregunta:</p> <p>¿Qué se debe hacer?</p>	<p>Se debe responder a la pregunta:</p> <p>¿Por qué, es decir, las razones que justifican lo que se debe hacer?</p>	<p>El objetivo es responder a la pregunta:</p> <p>¿Cuándo se debe realizar la acción?</p>	<p>Queremos saber:</p> <p>¿Dónde se realizará la acción (por ejemplo, un departamento o área de la empresa)?</p>	<p>La pregunta a responder es:</p> <p>¿Quién va a hacer? ¿Quién va a ayudar? ¿Quién es responsable de implementar la acción?</p>	<p>Queremos saber:</p> <p>¿Cómo se va a hacer? Incluye los detalles del proceso para alcanzar el objetivo predefinido.</p>	<p>Debe responder a la pregunta:</p> <p>¿Cuánto se gastará?</p>
Actualizar permanente los sitios críticos	Condiciones críticas dinámicas (variabilidad climática, actividad antrópica, detonantes, etc.).	Temporalidad de 1mes, ante presencia de agentes detonantes cada 15 días a menos que se indique otra periodicidad.	En cada una de las Direcciones Territoriales, inicialmente en tramos viales clasificados con color rojo	Director Territorial	<ul style="list-style-type: none"> * Difundiendo la metodología para el proceso de monitoreo * Capturando la información * Suministrando resultados 	
Clasificar de manera preliminar los sitios críticos (semáforo)	Realizar una priorización	Método de clasificación preliminar	Subdirección de Prevención y Atención de Emergencias	Grupo de Prevención - SPA	A partir de la Información suministrada por las Direcciones Territoriales	
Organizar la Información por tramo vial iniciando por la clasificación en color rojo	Obtener una ubicación espacial de sitios críticos	Temporalidad de 1mes, ante presencia de agentes detonantes cada 15 días a menos que se indique otra periodicidad	Subdirección de Prevención y Atención de Emergencias	Grupo de Vulnerabilidad - SPA	Diligenciando matriz de sitios críticos por tramo vial	
Coordinar con grupos de Administradores Viales a cargo, a través de las Direcciones Territoriales	Para garantizar correcto diligenciamiento de formatos y captura de información	Cuando sea necesario	Subdirección de Prevención y Atención de Emergencias	Subdirección de Prevención y Atención de Emergencias	A través Memorando, llamada telefónica, correo	
Recepcionar la información consignada en formatos adjuntos por cada grupo de Administración Vial	Para consolidar una base de datos con criterios técnicos y enfocados a la Guía Metodológica	Temporalidad de 1mes, ante presencia de agentes detonantes cada 15 días a menos que se indique otra periodicidad.	Subdirección de Prevención y Atención de Emergencias	Grupo Vulnerabilidad - GUIA METODOLOGICA PARA EL ANÁLISIS DE RIESGO	A través de correo, plataforma, etc	
Organizar, clasificar y analizar la información y construir la Matriz Técnica de priorización por tramo vial	Para estructurar una Matriz Técnica de priorización por tramo vial	Temporalidad de 1mes, ante presencia de agentes detonantes cada 15 días a menos que se indique otra periodicidad.	Subdirección de Prevención y Atención de Emergencias	Grupo Vulnerabilidad - GUIA METODOLOGICA PARA EL ANÁLISIS DE RIESGO	A través de los criterios técnicos de riesgo	
Generar alertas a través de reporte	Para garantizar la validez de la información	Cuando se presente	Subdirección de Prevención y Atención de Emergencias	Comité de Gestión del Riesgo INVIA	A través de los criterios técnicos de riesgo	
Remitir la Matriz Técnica de Priorización por tramo Vial al Comité de Gestión del Riesgo INVIA (Invitación Oficina Asesora de Planeación)	Para tener el soporte técnico de la toma de decisiones a lugar	Cuando sea necesario / requerido	Subdirección de Prevención y Atención de Emergencias	Grupo Vulnerabilidad - GUIA METODOLOGICA PARA EL ANÁLISIS DE RIESGO	Informe técnico	

Tabla xxx Protocolos de monitoreo. Fuente: Elaboración propia a partir de información disponible. Invias, 2018

El monitoreo del riesgo, se plantea como una actividad que requiere la selección de parámetros e indicadores objeto de monitoreo del riesgo, el diseño e instalación de la instrumentación de ser requerida, la obtención de información adicional para mejorar la valoración del riesgo y muy especialmente analizar y aprender de las lecciones aprendidas para identificar adecuadamente los riesgos futuros.

4. PROCESO DE REDUCCIÓN DEL RIESGO

Consiste en el tratamiento del riesgo para definir el tipo de intervención, las directrices para el diseño y las especificaciones técnicas de las medidas a implementar para modificar los riesgos identificados, analizados y evaluados en el proceso de conocimiento del riesgo. Se pretende con ello reducir el riesgo actual mediante acciones de mitigación del riesgo e intervenciones correctivas. Así mismo reducir el riesgo futuro mediante acciones de prevención del riesgo e intervención prospectivos y, finalmente mediante la protección financiera.

4.1 Parámetros institucionales para el proceso de reducción

4.1.1 Intervención correctiva

Su objetivo es disminuir el nivel de riesgo existente de la población y los bienes sociales, económicos y ambientales del área de influencia de probable afectación de la entidad, a través de acciones de mitigación, en el sentido de disminuir o reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y la vulnerabilidad de los elementos expuestos a cargo de la entidad. Para abordar las causas y las consecuencias. Consta de:

Identificación de alternativas de intervención correctiva

Consideradas las opciones que se establecen para dar solución a las prioridades estimadas por la entidad para la implementación del tratamiento del riesgo relacionada como las medidas de reducción del riesgo actual, a través de medidas técnicas estructurales y no estructurales que puede contemplar la revisión y selección de alternativas con base en un análisis multicriterio, análisis costo/beneficio, costo/efectividad o el utilizado determinado por la entidad.

Para la identificación de las alternativas se debe verificar la viabilidad técnica de la medida estructural o no estructural de intervención correctiva a desarrollar para mitigar el riesgo actual, a través de como mínimo, los siguientes pasos:

- a. *Revisar la competencia del objeto de la medida de intervención correctiva*, el cual debe cumplir con el marco de referencia en cuanto al comando y compromiso general del proceso de gestión del riesgo el cual es: "ofrecer protección a la población, mejorar la seguridad, el bienestar y la calidad de vida y contribuir al desarrollo sostenible" (Art.6.L 1523/2012)
- b. Determinar funcionalidad de la medida de intervención correctiva mediante la incorporación de una visión integral de medida planteada.
- c. Revisar la documentación técnica de soporte de la medida de intervención correctiva, la cual puede ser de los diseños, los procesos, los planos, las especificaciones, entre otros.
- d. Generar viabilidad técnica de la medida de intervención correctiva, mediante la aprobación de la medida de intervención correctiva seleccionada a implementar.

Priorización de la medida de intervención prospectiva

Mediante un análisis para la toma de decisiones, una vez viabilizadas las alternativas de intervención se da paso a la priorización mediante un análisis multicriterio, de costo/beneficio, costo/efectividad, u otro utilizado por la entidad con el fin de:

- a. Verificar la viabilidad presupuestal para su ejecución, por los organismos decisorios de la entidad pública y privada (incluir, entre otros aspectos, el presupuesto con base en la oferta de mercado, las proyecciones, entre otros)
- b. Viabilizar la medida intervención correctiva, aprobación de la medida de intervención con viabilidad presupuestal para la ejecución.

Diseño y desarrollo de las medidas de intervención seleccionadas

Una vez desarrollada la verificación de la viabilidad técnica y presupuestal de la medida de intervención, se realiza el diseño específico detallado actualizado de la medida de intervención correctiva.

ULTIMA HOJA