REQUERIMIENTOS TÉCNICOS

1. 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 Requerimiento Técnico.

Es importante mencionar que, en los trabajos de campo, el Consultor utilizará equipos que cuenten con tecnología de punta, de manera que se minimicen las incertidumbres y tiempos de medición o exploración. Los equipos deben estar debidamente calibrados presentando a la Interventoría, las constancias de mantenimiento y calibración. Adicionalmente, teniendo en cuenta que se requiere la ejecución de ensayos, estos deberán realizarse en laboratorios acreditados por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC), en el caso de que estos no tuviesen esta condición, podrán recurrir a laboratorios idóneos certificados con las normas ISO/IEC 17025:2005 o ISO9001:2018, o como mínimo ISO9001:2015, o versiones más recientes, que aseguren la adecuada medición e identificación de los atributos técnicos. Los certificados de acreditación o idoneidad deberán ser entregados al Interventor antes de la realización de los ensayos, esto con la finalidad de que la Interventoría tenga aprobado el laboratorio de suelos y pavimentos previo al inicio de los trabajos de campo.

De la misma forma, todos los sondeos (perforaciones, apiques, trincheras y sondeos geofísicos) que se realicen, deberán ser georreferenciados y ligados a la red MAGNA-SIRGAS.

El consultor deberá tener en cuenta para la estructuración del proyecto el uso de nuevas tecnologías. Para tal efecto deberá basarse en evaluación por desempeño y durabilidad dependiendo de las áreas especializadas, lo anterior en el marco de lo establecido en la ley 1955 de 2019, Plan de Desarrollo, Art. 173 INNOVACIÓN E IMPLEMENTACION DE NUEVAS TECNOLOGIAS EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN II

2. ALCANCE TÉCNICO DE LA CONSULTORÍA 1

2.1. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS FASE II - VOLUMEN I. TOPOGRAFÍA 1
CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCE 1
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA 1
CAPÍTULO 3. ELABORACIÓN DE ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS 2
CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 16
2.2. ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO. 16
CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES 17
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA 17
CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA Y PRIMARIA 19
CAPÍTULO 4. PROYECCIONES DE TRÁNSITO 26
CAPÍTULO 5. ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO 27
CAPÍTULO 6. LINEAMIENTOS DE SEÑALIZACIÓN 28
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 28
ANEXOS DE LOS ESTUDIOS 29
2.3. VOLUMEN III. ESTUDIO DE TRAZADO Y DISEÑO GEOMÉTRICO 30
CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES 30
CAPITULO 2. METODOLOGIA DEL ESTUDIO 31
CAPITULO 3. CRITERIOS DE DISEÑO 32
CAPITULO 4. DISEÑO GEOMETRICO 34
CAPÍTULO 5. ALTERNATIVA RECOMENDADA 36
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 36
ANEXOS 36
ARCHIVO IFC A ENTREGAR 37
PLANOS 37
CARTERAS DEL PROYECTO 39
2.4. VOLUMEN IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD VIAL 40
CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCE 40
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA 42
CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA 42
CAPÍTULO 4. AUDITORÍAS DE SEGURIDAD VIAL 45
CAPÍTULO 5. MEDIDAS O ALTERNATIVAS DE SEGURIDAD 45
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 46
ANEXOS 46
2.5. VOLUMEN V. ESTUDIO DE GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA LOCAL 46
CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES 46
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA 48
CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN Y/O TOMA DE INFORMACIÓN 49
CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 56
ANEXOS 56
2.6. VOLUMEN VI. ESTUDIO DE HIDROGEOLOGÍA LOCAL 58
CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES 58
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA 59
CAPÍTULO 3. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE HIDROGEOLOGÍA 60
CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 61
ANEXOS 62

2.7. VOLUMEN VII. ESTUDIO DE ESTABILIDAD Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES, TERRAPLENES, PUNTOS CRÍTICOS ZONAS DE DISPOSICIÓN DE MATERIALES EXCAVACIÓN Y SOBRANTES (ZODMES) Y FUENTES DE MATERIALES 63
CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES 63
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO 65
CAPÍTULO 3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 67
CAPÍTULO 4. TRABAJOS DE CAMPO 68
CAPÍTULO 5. ANÁLISIS GEOTÉCNICO 69
CAPÍTULO 6. RECOMENDACIONES Y OBRAS REQUERIDAS PARA LOS TALUDES DE CORTE, PUNTOS CRÍTICOS, TERRAPLENES Y ZONAS DE DISPOSICIÓN DE MATERIALES EXCAVACIÓN Y SOBRANTES (ZODMES). 69
CAPÍTULO 7. FUENTES DE MATERIALES 70
CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 71
ANEXOS DEL VOLUMEN 71
2.8. VOLUMEN VIII. ESTUDIO DE GEOTECNIA PARA PUENTES Y OTRAS ESTRUCTURAS 73
CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES 73
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO 74
CAPÍTULO 3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS PUENTES NUEVOS Y OTRAS ESTRUCTURAS 76
CAPÍTULO 4. TRABAJOS DE CAMPO 76
CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE SOCAVACIÓN 77
CAPÍTULO 6. ANÁLISIS GEOTÉCNICO 77
CAPÍTULO 7. CONDICIONES ESPECIALES DE SUBSUELO 78
CAPÍTULO 8. OBRAS COMPLEMENTARIAS 79
CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES 79
CAPÍTULO 10. RECOMENDACIONES PARA ESTUDIOS Y DISEÑOS FASE III 80
ANEXOS DEL VOLUMEN 80
2.9. VOLUMEN IX. HIDRÁULICA, HIDROLOGÍA Y SOCAVACIÓN 81
CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES 81
CAPÍTULO 2. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS 81
CAPÍTULO 3. DIMENSIONAMIENTOS HIDRÁULICOS 87
CAPÍTULO 4. ESTUDIOS DE SOCAVACIÓN 92
CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y MEMORIAS DE CÁLCULO 93
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 94
2.10. VOLUMEN X. PREDISEÑO DE PAVIMENTOS 95
CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES 95
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA 96
CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN 96
CAPÍTULO 4. TRÁNSITO DE DISEÑO 97
CAPÍTULO 5. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE. 97
CAPÍTULO 6. FUENTES DE MATERIALES – CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES 100
CAPÍTULO 7. PREDISEÑO DE PAVIMENTOS 101
CAPÍTULO 8. SECCIONES TRANSVERSALES 102
CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 102
ANEXOS 103
2.11. VOLUMEN XI. ESTUDIO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS 104
CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES 104
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA 107
CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN Y/O TOMA DE INFORMACIÓN 111
CAPÍTULO 4. ASPECTOS TÉCNICOS 112
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 120
2.12 . VOLUMEN XII. ESTUDIO DE URBANISMO Y PAISAJISMO 121

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCE *121*
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA *123*
CAPITULO 3. RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO DEL ÁREA DEL PROYECTO *123*
CAPITULO 4. REQUERIMIENOS TÉCNICOS DEL ÁREA DE URBANISMO Y PAISAJISMO *125*
2.13. VOLUMEN XIII. ESTUDIO DE REDES SECAS 137
VOLUMEN I. EVALUACIÓN FINANCIERA: *137*
CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES *137*
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA *138*
CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN Y/O TOMA DE INFORMACIÓN (SECUNDARIA) *139*
CAPÍTULO 4. REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVIDAD DE REFERENCIA *139*
CAPÍTULO 5. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS PARA EL DISEÑO DE REDES SECAS *141*
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES *143*
ANEXOS *144*
2.14. VOLUMEN XIV. ESTUDIO REDES HIDROSANITARIAS 144
CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES *144*
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA *145*
CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN Y/OTOMA DE INFORMACIÓN (SECUNDARIA) *146*
CAPÍTULO 4. ESTRUCTURACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS TÉCNICOS *146*
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES *148*
ANEXOS *148*
2.15. VOLUMEN XV. ESTUDIO DE ANÁLISIS Y GESTIÓN DE RIESGOS 149
CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES *149*
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA *153*
CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN Y/O TOMA DE INFORMACIÓN *154*
CAPÍTULO 4. ESTABLECER EL CONTEXTO *155*
CAPÍTULO 5. IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS RIESGOS *156*
CAPÍTULO 6. EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LOS RIESGOS *156*
CAPÍTULO 7. TRATAMIENTO DE LOS RIESGOS *158*
CAPÍTULO 8. CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ DE RIESGOS *158*
CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES *160*
ANEXOS *161*
2.16. VOLUMEN XVI. ESTUDIO ESTIMACIÓN DE CANTIDADES DE OBRAS, COSTOS Y PRESUPUESTOS 161
CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES *161*
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA *161*
CAPÍTULO 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES *163*
2.17. VOLUMEN XVII. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA Y FINANCIERA 163
VOLUMEN I. EVALUACIÓN FINANCIERA *163*
CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES *164*
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA *164*
CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN Y TOMA DE INFORMACIÓN - FUENTES DE FINANCIACIÓN PARA PROYECTOS CON ESTUDIOS FASE II *165*
CAPÍTULO 4. PROYECTOS POR APP – FUENTES DE FINANCIACIÓN *170*
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES *172*
VOLUMEN II. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA *173*
CAPÍTULO 6. OBJETIVOS Y ALCANCES *173*
CAPÍTULO 7. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN *174*
CAPÍTULO 8. DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO DE LA REGIÓN *175*
CAPÍTULO 9. ESTIMACIÓN DE COSTOS Y BENEFICIOS DEL PROYECTO *176*
CAPÍTULO 10. INDICADORES ECONÓMICOS *177*
CAPÍTULO 11. COSTOS Y BENEFICIOS NO CUANTIFICADOS *178*

CAPÍTULO 12. ALCANCE DE LA EVALUACION ECONOMICA *179*
CAPÍTULO 13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES *179*

3. ENTREGA DE DOCUMENTOS AL INVIAS **179**

4. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PUNTOS CRÍTICOS **181**

4.1. VOLUMEN I. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS 181
CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES *181*
CAPÍTULO 2. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS *182*
CAPÍTULO 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES *196*
4.2. VOLUMEN II. ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO 197
CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCE *197*
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA *198*
CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA Y PRIMARIA *198*
CAPÍTULO 4. PROYECCIONES DE TRÁNSITO *200*
CAPÍTULO 5. ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO *201*
CAPÍTULO 6. PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO GENERAL *202*
CAPÍTULO 7. DISEÑOS DE SEÑALIZACIÓN VERTICAL Y DEMARCACIÓN VIAL *202*
CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES *203*
ANEXOS DE LOS ESTUDIOS *204*
4.3. VOLUMEN III. ESTUDIO DE TRAZADO Y DISEÑO GEOMÉTRICO 204
CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES *204*
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO *205*
CAPÍTULO 3. CRITERIOS DE DISEÑO *206*
CAPÍTULO 4. DISEÑO GEOMETRICO *207*
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES *208*
ANEXOS *209*
ARCHIVO IFC A ENTREGAR *209*
PLANOS *209*
CARTERAS DEL PROYECTO Y DE REPLANTEO *211*
4.4. VOLUMEN IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD VIAL 211
CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCE *212*
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA *213*
CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA *213*
CAPÍTULO 4. MEDIDAS O ALTERNATIVAS DE SEGURIDAD VIAL *215*
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES *216*
ANEXOS DE LOS ESTUDIOS *217*
4.5. VOLUMEN V. ESTUDIO DE GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA PARA INGENIERÍA 217
CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES *217*
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA *218*
CAPÍTULO 3. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA REGIONAL *219*
CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES *225*
ANEXOS *225*
4.6. VOLUMEN VI. ESTUDIO DE ESTABILIDAD Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES 227
CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES *227*
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA *228*
CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN *229*
CAPÍTULO 4. DIAGNÓSTICO GEOTÉCNICO EN PUNTOS CRÍTICOS DE TALUDES *229*
CAPÍTULO 5. PLAN DE EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO Y ENSAYOS *229*
CAPÍTULO 6. TOPOGRAFÍA EN PUNTOS CRÍTICOS *231*
CAPÍTULO 7. RECOMENDACIONES Y OBRAS REQUERIDAS PARA LOS TALUDES DE CORTE EN PUNTOS CRÍTICOS *231*

CAPÍTULO 8. RECOMENDACIONES Y OBRAS REQUERIDAS PARA LOS TERRAPLENES EN PUNTOS CRÍTICOS *231*
CAPÍTULO 9. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN PUNTOS CRÍTICOS 231
CAPÍTULO 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES *232*
ANEXOS DEL VOLUMEN *233*
4.7. VOLUMEN VII. ESTUDIO DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE FUNDACIONES DE PUENTES Y OTRAS ESTRUCTURAS 234
CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES *234*
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA *235*
CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN *236*
CAPÍTULO 4. TRABAJOS DE CAMPO *236*
CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE SOCAVACIÓN *238*
CAPÍTULO 6. ANÁLISIS GEOTÉCNICO *238*
CAPÍTULO 7. CONDICIONES ESPECIALES DEL SUBSUELO *239*
CAPÍTULO 8. OBRAS COMPLEMENTARIAS *239*
CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES *239*
ANEXOS DEL VOLUMEN *239*
4.8. VOLUMEN VIII. ESTUDIO DE HIDROGEOLOGÍA PARA INGENIERÍA 240
CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES *241*
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA *242*
CAPÍTULO 3. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE HIDROGEOLOGÍA *242*
CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES *243*
ANEXOS *244*
4.9. VOLUMEN IX. HIDRÁULICA, HIDROLOGÍA Y SOCAVACIÓN 244
CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES *245*
CAPÍTULO 2. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS *245*
CAPÍTULO 3. DISEÑOS HIDRÁULICOS *250*
CAPÍTULO 4. ESTUDIOS DE SOCAVACIÓN *252*
CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y MEMORIAS DE CÁLCULO *253*
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES *255*
4.10. VOLUMEN X. ESTUDIO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS 255
CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES *255*
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA *256*
CAPÍTULO 3. INFORMACIÓN EXISTENTE *256*
CAPÍTULO 4. TRÁNSITO DE DISEÑO *257*
CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN DE LOS PAVIMENTOS EXISTENTES QUE HARÁN PARTE DEL PROYECTO *257*
CAPÍTULO 6. ESTUDIO DE GEOTECNIA PARA PAVIMENTOS DE AMPLIACIONES Y TRAMOS NUEVOS *268*
CAPÍTULO 7. FUENTES DE MATERIALES *273*
CAPÍTULO 8. DISEÑO DE SOLUCIONES DE REHABILITACIÓN PARA PAVIMENTOS EXISTENTES . *274*
CAPÍTULO 9. DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA AMPLIACIONES Y TRAMOS NUEVOS *275*
CAPÍTULO 10. DISEÑO DE MEZCLAS *277*
CAPÍTULO 11. SECCIONES TRANSVERSALES *277*
CAPÍTULO 12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES *277*
ANEXOS. *278*
4.11. VOLUMEN XI. ESTUDIO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS 279
CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES *279*
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA *280*
CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN Y TOMA DE INFORMACIÓN *287*
CAPÍTULO 4. ASPECTOS TÉCNICOS *288*
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES *292*

CAPÍTULO 6. ENTREGABLES Y ANEXOS *293*
4.12. VOLUMEN XII. ESTUDIO DE REDES 295
VOLUMEN I. ESTUDIO REDES HIDROSANITARIAS *295*
CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES *295*
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA *295*
CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN Y/O TOMA DE INFORMACIÓN (SECUNDARIA) *296*
CAPÍTULO 4. ESTRUCTURACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS TÉCNICOS *297*
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES *298*
ANEXOS *299*
VOLUMEN II. ESTUDIO REDES SECAS *299*
CAPÍTULO 6. OBJETIVOS Y ALCANCES *299*
CAPÍTULO 7. METODOLOGÍA *300*
CAPÍTULO 8. RECOPILACIÓN Y/O TOMA DE INFORMACIÓN (SECUNDARIA) *301*
CAPÍTULO 9. ESTRUCTURACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS TÉCNICOS *301*
CAPÍTULO 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES *303*
ANEXOS *304*
4.13. VOLUMEN XIII. ESTUDIO DE RIESGOS 304
CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES *304*
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA *306*
CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN (PRIMARIA Y SECUNDARIA) *307*
CAPÍTULO 4. ESTUDIO DE RIESGOS *308*
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES *311*
ANEXOS *311*
4.14. VOLUMEN XIV. ESTUDIO DE CANTIDADES DE OBRA, ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS Y PRESUPUESTO PARA LA ESTRUCTURACIÓN DEL PLIEGO DE CONDICIONES 312
CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES *312*
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA *313*
CAPÍTULO 3. CANTIDADES DE OBRA *313*
CAPÍTULO 4. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN *313*
CAPÍTULO 6. PRESUPUESTO *318*
CAPÍTULO 7. PROGRAMA GENERAL DE CONSTRUCCIÓN, CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA, PROGRAMA DE UTILIZACIÓN DE EQUIPOS, DE MATERIALES Y DE INVERSIÓN *320*
CAPÍTULO 8. PRODUCTOS ENTREGABLES *325*
CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES *326*
4.15. VOLUMEN XV. EVALUACIÓN SOCIOECONOMICA Y FINANCIERA DEL PROYECTO 326
VOLUMEN I. EVALUACIÓN FINANCIERA Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVA *326*
CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES *326*
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA *326*
CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN Y TOMA DE INFORMACIÓN - FUENTES DE FINANCIACIÓN PARA PROYECTOS CON ESTUDIOS Y DISEÑOS PUNTOS CRÍTICOS *327*
CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES *333*
VOLUMEN II. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DEL PROYECTO *333*
CAPÍTULO 5. OBJETIVOS Y ALCANCES *333*
CAPÍTULO 6. ANTECEDENTES DEL PROYECTO *334*
CAPÍTULO 7. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN *335*
CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES *342*

ENTREGA DE DOCUMENTOS AL INVIAS 342

2. ALCANCE TÉCNICO DE LA CONSULTORÍA

2.1. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS FASE II - VOLUMEN I. TOPOGRAFÍA

Para el desarrollo del Informe de FASE II del volumen de Topografía; de manera general debe considerar como mínimo los siguientes capítulos:

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES
CAPITULO 2. METODOLOGÍA
CAPITULO 3. ELABORACIÓN DE ESTUDIOS TOPOGRÁFICO
CAPITULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCE

1.1 OBJETIVO

Definir los lineamientos técnicos para la elaboración de estudios topográficos, para el trazado de vías nuevas, en etapa fase II, teniendo en cuenta los criterios establecidos por el diseño geométrico, además, se consideran aspectos técnicos de las especialidades de geotecnia, geología, ambiental, social e hidráulica entre otras.

1.2 ALCANCE

Con base en los archivos y planos de la alternativa seleccionada, suministrados por la especialidad de diseño geométrico, se determinará la franja requerida y en campo se realizará la localización aproximada del polígono de intervención, apoyados con sistemas GNSS y/o similares.

El consultor deberá definir la metodología a utilizar para adelantar los estudios topográficos y esta debe ser avalada por la interventoría. La metodología seleccionada debe cumplir con los requerimientos técnicos plasmados en este documento y garantizar las precisiones exigidas.

Realizar el estudio topográfico del corredor seleccionado, estableciendo la georreferenciación y la toma de detalles del terreno, acorde con los lineamientos establecidos de este requerimiento técnico.

Realizar la materialización de los vértices de amarre horizontal y vertical del proyecto adecuadamente, en zonas estables, ubicados en sitios que no se vean afectados por las obras, garantizando su perdurabilidad en el tiempo, de tal forma que sean la columna vertebral para los estudios y diseños fase II y las fases futuras.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

El consultor deberá definir la Metodología a emplear en el desarrollo del Estudio, entregando el documento a la Interventoría para su aprobación y en el cual, se detallará la información secundaria y

primaria a emplear en el estudio, así como los equipos y técnicas para el desarrollo de los trabajos de campo.

La metodología presentada deberá cumplir con las precisiones y especificaciones técnicas exigidas en el presente documento.

Deberá implementarse la metodología BIM, Building Information Modeling, que es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, la cual permite detectar y subsanar en tiempo real posibles inconsistencias, interferencias, y conflictos entre especialidades. El Consultor deberá implementar BIM, realizando la modelación en un software BIM definido por el mismo en el Plan de Ejecución BIM (BEP), y gestionar dicha información en un Entorno Común de Datos (CDE) que facilite la comunicación entre las partes durante el desarrollo del proyecto y donde puedan consignarse documentos como las actas de reunión, actas técnicas, y demás documentos requeridos para la correcta ejecución del contrato.

CAPÍTULO 3. ELABORACIÓN DE ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

Para las actividades de topografía se deberán seguir los lineamientos establecidos en la Norma Técnica Colombiana para Estudios Topográficos NTC-6271, con el fin de dar cumplimiento a los criterios técnicos establecidos en el presente numeral y garantizar la calidad del producto obtenido. La NTC 6271, orienta a los profesionales de la topografía para establecer lineamientos propios de adquisición de datos, protocolos para procesamiento de estos, criterios de calidad y precisión de un estudio topográfico como producto geográfico, no obstante, para cada estudio topográfico en particular, se podrán introducir cambios o modificaciones, o ambos, de acuerdo con las necesidades propias de cada proyecto, siempre y cuando no contradigan los parámetros mínimos de esta norma y sean avalados por interventoría.

Todo estudio topográfico debe ser ejecutado por tecnólogo o técnico profesional en topografía, con licencia expedida por el concejo profesional de topografía – CPNT, cumpliendo los requisitos establecidos en la ley 70 de 1979, o Ingeniero topográfico, con matrícula profesional vigente, expedida por el consejo profesional de ingeniería-COPNIA, cumpliendo los requisitos establecidos en la ley 842 de 2003 o aquella que derogue o modifique.

3.1 ADOPCIÓN DATUM HORIZONTAL Y VERTICAL

Los estudios topográficos estarán referenciados al marco geocéntrico nacional de referencia MAGNA-SIRGAS [Resolución 068, enero 28 de 2005] como datum horizontal oficial, en época de referencia 2018.0 o la época oficial vigente. El modelo de geoide es GEOCOL 2004 o el más reciente, y el datum vertical, para referir todo tipo de alturas sobre el nivel del mar, es BUENAVENTURA.

La resolución IGAC 370 de 2021 “Por medio de la cual se establece el sistema de proyección cartográfica oficial para Colombia”, establece que la proyección cartográfica “Transverse Mercator” como sistema oficial de coordenadas planas para Colombia, con un único origen denominado “Origen Nacional”, referido al Marco Geocéntrico Nacional de Referencia, también denominado MAGNA-SIRGAS, así:

Tabla 1 Parámetros de la Proyección Origen Único Nacional

Parámetro	Valor
Proyección	Transversa de Mercator
Elipsoide	GRS80
Origen: Latitud	4° N
Origen: Longitud	73° W
Falso Este	5.000.000
Falso Norte	2.000.000
Unidades	Metros
Factor de escala	0.9992

Fuente: RESOLUCIÓN IGAC No. 370 DE 2021

3.1.1 PLANO TOPOGRÁFICO LOCAL

El sistema de proyección oficial para Colombia es el “Origen Único Nacional”, proyección cilíndrica transversa, en donde el eje del cilindro yace en el plano generado por el paralelo de referencia y la línea de tangencia está alineada con el meridiano central. La proyección “Origen Único Nacional” utiliza una única banda de longitud de 12°, que se extiende 6° al este y al oeste del meridiano central. “Origen Único Nacional” es una proyección conforme con factor de escala constante para el meridiano central. El ámbito de aplicación sugerido para la proyección se concentra en la totalidad de la parte continental del territorio nacional.

El sistema de proyección “Origen Único Nacional”, utiliza una proyección secante, que generan deformaciones mayores fuera de los puntos de tangencia, por lo que, no es una proyección recomendada para el desarrollo de proyectos de infraestructura, que requieren alta precisión. La selección de la proyección debe obedecer a la
que se requiere para los proyectos de infraestructura, evitando perdidas geométricas que pueden afectar el factor económico.

De acuerdo con lo anterior, los proyectos lineales, sufren deformaciones, que afectan la precisión de los estudios topográficos. Para reducir estas deformaciones, se hace necesario generar planos topográficos locales.

Los planos Topográficos Locales surgen con el objetivo de representar los verdaderos valores de terreno, en zonas donde la proyección transversa, por la separación del tramo con relación al meridiano de origen, la longitud del trazado o la diferencia de nivel presenta distorsiones y no representa distancias y áreas de acuerdo con la realidad del terreno.

La definición de un plano topográfico local se realizará considerando una cota media para un rango de trabajo máximo de 250 m hacia arriba y 250 m hacia abajo respecto de la cota media y una longitud máxima de 20 km de radio.

Teniendo en cuenta que las distancias medidas sobre el terreno, sean proyectadas en su verdadera magnitud sobre el plano horizontal local (línea tangente al origen), el plano debe ser calculado a la altura

media del terreno, en el área del levantamiento topográfico, configurando así el plano topográfico local PTL.

Los parámetros de proyección de los PTL pueden ser reducidos en función del relieve del terreno. Tanto para la determinación de los valores adecuados, como para la determinación del área de cobertura del sistema, como de sus reducciones en función del relieve del terreno, se puede requerir el establecimiento de nuevos planos tangentes, constituyendo sistemas topográficos locales consecutivos con distintos orígenes. Cada uno de estos distintos sistemas topográficos deben estar conectados uno con otro, por medio de puntos comunes y que contengan coordenadas geodésicas conocidas.

Con base en los puntos GNSS ubicados cada tres (3) km aproximados a lo largo del corredor, se trazarán las poligonales base. Las coordenadas de los puntos GNSS que servirán para amarrar el inicio como el final de cada poligonal, deben estar referidas al mismo PTL.

Notas Aclaratorias: (1). El uso de planos topográficos locales es de uso obligatorio, estos estarán referidos a las coordenadas obtenidas en sistema de proyección "Origen Único Nacional" de uno o varios vértices GNSS materializados en el tramo de estudio. (2). Todos los cálculos se realizarán a partir de las coordenadas obtenidas con los planos topográficos locales. (3). Los planos, Modelos digitales y demás productos utilizados para el diseño del corredor en estudio, estarán referidos a planos topográficos locales. (4). Adicionalmente, el contratista realizará la entrega del plano del proyecto, referido al sistema de proyección "Origen Único Nacional". Este será el único producto que se entregará en este sistema, con fines de cumplir la resolución IGAC 370 de 2021. En ningún caso se entregará en "Origen Único Nacional" los cálculos de poligonales, cálculos de detalles y modelos digitales.

3.2 GEORREFERENCIACIÓN

La georreferenciación del proyecto se debe trasladar a puntos de amarre materializados cada tres (3) kilómetros, con coordenadas referidas al sistema de referencia oficial para Colombia Magna Sirgas, en época de referencia 2018.0 o la época oficial vigente.

La materialización de pares de puntos de GNSS se realizará con mojones en concreto con placa de bronce o aluminio en zonas blandas y con placa incrustada en zonas duras. Estas placas estarán marcadas con el punto guía para el centrado y armado instrumental, entidad contratante (INVÍAS), número de contrato, año, nomenclatura del punto y consultor. Se debe garantizar la perdurabilidad, un horizonte despejado, la inter-visibilidad, estabilidad y accesibilidad.

La materialización de pares de vértices GNSS se realizará con una distancia máxima entre ellos de 3 km a lo largo de todo el proyecto. La distancia entre el par de mojones estará ligada a la configuración topográfica del sitio, en zonas libres de obstáculos al zenit y que la distancia mínima entre vértices sea mayor a 100 m. Estos vértices podrán ser materializados con placa incrustada en sardineles, obras, zonas duras o cualquier otro lugar que garantice su permanencia o fundidos en campo con mojones fabricados en concreto con las siguientes dimensiones: 30 cm x 30 cm, profundidad mínima de 60 cm, deberán sobresalir del terreno mínimo 20 cm, y deben ser fundidos en forma de pata de elefante.

La red de mojones ubicada a lo largo del proyecto deberá ser posicionada con equipos GNSS doble frecuencia de última generación, creando una red geodésica de alta precisión con el método estático diferencial con doble determinación, posicionando en paralelo las dos placas que conforman las parejas de vértices. Los vértices deberán ser determinados y ligados a la red MAGNA-SIRGAS.

En lugares con cobertura limitada de las bases de rastreo continuo, se podrá realizar traslado de coordenadas, amarrándose a vértices de la red pasiva del IGAC; el consultor debe verificar el estado y la estabilidad del vértice, comprobando que sea un punto apto para realizar amarres topográficos.

El tiempo mínimo de rastreo estará definido con la siguiente fórmula:

$$tr = 65\,min + (3min * (d - 10))$$

En donde:
tr = Tiempo de Rastreo
d = distancia en kilómetros a la base de rastreo más retirada.

Los cálculos para el postproceso en su error medio cuadrático no deberán ser superior a 0.04 metros.

Para realizar el levantamiento por medio de GNSS se deben tener en cuenta los siguientes requerimientos:

- Máscara de elevación: 30 grados sobre el horizonte.
- Cálculo de postproceso con efemérides precisas.
- Componente geométrico de dilución de la precisión PDOP < 4.
- Mínimo de satélites visibles a asegurar: 4.
- Recolectar datos para tres dimensiones.
- La antena debe estar nivelada y centrada sobre el punto, y debe verificarse antes y después de cada observación.
- La altura del centro de fase de la antena con respecto al mojón debe medirse, antes y después de cada sesión.
- Duración de épocas a captar: ente 1 y 15 segundos máximo.
- Los datos deben pasar la prueba de prueba Chi-Cuadrado o F (95%), con niveles de confianza mayor o igual al 95%.
- Los datos deben pasar las pruebas que evalúan la calidad de cada punto con nivel de confianza mayor o igual al 95%.
- Se debe elaborar un diagrama de obstáculos para cada vértice posicionado.

3.3 TRAZADO DE POLIGONALES

Los vértices de la poligonal podrán ser materializados con estacas de madera de 5 cm de diámetro, con profundidad suficiente para darle estabilidad al punto, con su respectiva estaca testigo, cuando no se encuentren árboles, rocas o elementos cercanos, donde se marcará el número del delta correspondiente.

Cada 500 metros deberán materializarse mojones en concreto que se denominarán Deltas-BMs y deberán estar numerados consecutivamente de acuerdo con la poligonal y se identificarán como D-BM-#. Se materializarán de 10cmx10cm o en forma cilíndrica de 4” de diámetro y profundidad de 30 cm, con un tornillo de cabeza redonda y arandela donde se marcará su respectiva numeración. Estos puntos cumplirán doble función para el amarre horizontal y el amarre vertical.

3.3.1 POLIGONAL CON ESTACIÓN TOTAL

ERRORES QUE INFLUYEN EN LA PRECISIÓN DE LAS POLIGONALES

En el trazado de poligonales se presentan circunstancias asociadas a los tipos de errores que influyen y que afectan la precisión de estas, como las siguientes:

1. Errores Naturales: ocasionados por factores como lo es el clima, (variaciones del viento, temperatura humedad y refracción).

   El principal factor de error en zonas de baja altura es la refracción, producido por las altas temperaturas. Este fenómeno distorsiona el objeto visado (bastón) y no permite realizar lecturas apropiadas.

2. Errores instrumentales: a pesar de que los equipos se encuentren debidamente certificados estos tienen un margen de error de acuerdo con su precisión de fábrica.

3. Errores aleatorios:

   - Las causas del error aleatorio se deben al operador, falta de agudeza visual, descuido, cansancio, alteraciones emocionales.
   - método o procedimiento con que se efectúa la medición, falta de un método definido y documentado.
   - Distancias medidas demasiado largas que sobrepasan los 300 metros.
   - No se realiza iteración de ángulos y distancias.

Si se realiza poligonal con estación total, se debe utilizar uno de los dos métodos siguientes:

- **Poligonal cerrada:** partiendo de una pareja de vértices posicionados con GNSS se cierra a los mismos puntos. Aplica únicamente para proyectos cortos y que cuentan con un solo par de placas.

- **Poligonales del modo punto a punto:** es decir, abiertas geométricamente, pero cerradas analíticamente, lo que permite realizar cierres angulares y en distancia para calcular la precisión de cada una de ellas. Inician en una pareja de vértices GNSS y se cierran a otra pareja de vértices GNSS de la misma red de alta precisión. Aplica para proyectos de más de un (1) km, los cuales deben contar con placas al inicio y final de cada tramo.

Se deben realizar un mínimo de dos series en directo y en inverso, es decir, mínimo cuatro lecturas de ángulos horizontales y verticales e igual número de distancias atrás y adelante, con el objeto de establecer los ángulos y las distancias más probables en cada estación.

Para el trazado de poligonales se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

a. Los valores de distancia entre deltas de la poligonal deben ser tomados con equipo de medición electrónica, atrás y adelante, de acuerdo con el número de series angulares, según lo establecido en la NTC-6271.

b. Todas las mediciones angulares de los vértices de las poligonales deben realizarse en posición directa e inversa, para eliminar los posibles errores (Regla de Bessel). Estas mediciones deben quedar registradas en la memoria de la estación total.

c. La precisión de las poligonales deberá ser igual o superior a 1:15.000.

d. En la memoria de la estación total deben quedar almacenados todos los datos crudos de los deltas que componen la poligonal (Ángulo Horizontal, Ángulo Vertical, Distancia Inclinada, Distancia Horizontal, acimut, Coordenada Norte y Coordenada Este).

e. Se presentará el certificado de calibración de la estación total utilizada.

f. Solo se exceptúa el uso de poligonal, cuando el trabajo que se vaya a efectuar solo necesite realizar el método de radiación topográfica desde los vértices previamente posicionados, calculados y ajustados.

g. Se permite a partir de los vértices de la poligonal del proyecto, establecer auxiliares; en ningún caso se permitirá localizar un auxiliar a partir de otro auxiliar.

Las especificaciones técnicas de precisión serán:

- Precisión en distancia ≥ 1:15.000.
- El error angular permitido (e)

$$e = 8'' * n$$

En donde:
e = Error angular permitido.
n = Número de vértices de la poligonal.

- Sumatorias teóricas en poligonales de circuito:

$$\sum ang.Internos = (n - 2) * 180$$
$$\sum ang.Externos = (n + 2) * 180$$

En donde:
n = Número de lados o ángulos en el polígono.

- Para poligonales punto a punto el error de cierre estará definido por la siguiente expresión:

$$Az1 + \sum_{a+1}^{n} + (180 * n) - (360 * n) - Az2 = 0$$

En donde:

Az1 = azimut de partida.
n = número de vértices.
Az 2 = azimut de llegada.

3.3.2 POLIGONALES RTK (REAL TIME KINEMATIC)

Se podrá realizar la determinación de poligonales usando equipos GNSS RTK, siempre y cuando se cumplan las siguientes consideraciones:

a. La poligonal base será determinada desde vértices GNSS que cumplan los lineamientos de georreferenciación establecido en este documento.

b. Los vértices definidos como deltas se materializarán en zonas despejadas, garantizando la inter-visibilidad con el punto anterior y con el punto siguiente, garantizando así, que sean puntos que se puedan utilizar con estación total.

c. La antena base debe estar nivelada y centrada con trípode sobre el punto GNSS. La antena Rover se debe posicionar sobre los puntos a determinar con ayuda de bípodes o trípodes para garantizar su precisión.

d. Se debe garantizar que las poligonales definidas por este sistema, se encuentren en zonas abiertas, libres de vegetación alta u obstáculos que impidan la adecuada recepción de la señal de los satélites.

e. Los equipos GNSS RTK permiten establecer tres tipos de solución: fijo, flotante y autónomo; cada una de estas soluciones determina un grado de precisión distinto y es ajustable por el usuario; para la determinación de las poligonales se aceptará únicamente la solución FIJO, que se establecerá en un (1) cm para la precisión horizontal y dos (2) cm para la precisión vertical; solamente cuando el equipo indique que se estableció este tipo de solución el punto podrá ser almacenado.

f. La poligonal base partirá de un punto de la primera pareja de vértices GNSS en el inicio de cada tramo, donde se instalará el equipo base y con el equipo Rover se determinarán los deltas de poligonal hasta una longitud aproximada de 1.5 km; luego se armará el equipo base en la siguiente pareja de puntos GNSS y se determinarán los deltas restantes de la poligonal, es decir 1.5 km hacia atrás. En el proceso de determinación de las coordenadas y cotas de cada poligonal, se deben definir 2 vértices en común, levantados desde las 2 bases, para compararlos y establecer las diferencias en coordenadas y cotas. Las diferencias obtenidas deben ser de máximo 4 cm.

Nota: Las poligonales realizadas con sistemas GNSS RTK, deben ser comprobadas con el mismo sistema, puesto que los resultados obtenidos son absolutos, los chequeos con estación total pueden variar en función de los ángulos y distancias; la comprobación con estación total se debe realizar en la totalidad de la poligonal, saliendo de una pareja GNSS y cerrando en la siguiente pareja GNSS.

3.4 ALTIMETRÍA

Para hacer el amarre vertical se determinarán los NPs del IGAC disponibles a lo largo del proyecto y a partir de estos se establecerá la metodología para corregir el error vertical de las nivelaciones.

Donde no se cuente con cobertura de NPs de la Red de Nivelación Geodésica Nacional, se podrá trasladar cota a los vértices GNSS, mediante el proceso de posicionamiento, calculando la cota ortométrica apoyados con el modelo geoidal GEOCOL 2004 o el más reciente.

Se realizará el amarre vertical a los vértices GNSS y deltas de poligonal, mediante nivelación geométrica de precisión, con su correspondiente contra nivelación, realizando los cierres a los NPs del IGAC o a las cotas ortométricas de los puntos GNSS.

Todos los circuitos de nivelación deben ser cerrados con contra nivelación y el error máximo admisible en metros corresponde a ±0.012 por kilómetro. Debe tenerse en cuenta la siguiente fórmula:

$$Error\ maximo\ en\ metros = \pm 0.012\ m * \sqrt{(\mathrm{D})}$$

Donde D es la distancia en km.

El error de cierre se debe determinar en los puntos NP del IGAC o en los puntos GNSS y ajustar las cotas a los puntos que cumplan con el error de cierre o descartarlos hasta el siguiente que cumpla.

En caso de utilizar nivel electrónico se deben presentar los archivos crudos producto de la nivelación, los cuales deben incluir: marca, modelo, número de serie del equipo y las observaciones (lecturas) vista atrás, vistas al frente e intermedias.

Con la determinación de las poligonales se deben calcular cotas trigonométricas (ET) o cotas ortométricas (RTK) que para efectos de control de calidad se deben comparar con las cotas geométricas y presentar cuadro de resultados.

3.5 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Los levantamientos topográficos se realizarán con topografía convencional (Estación total o RTK) o con sensores remotos (LIDAR); el consultor podrá escoger la metodología para la toma de información siempre y cuando los resultados garanticen una precisión para una escala 1:2.000 y pueda obtener curvas de nivel cada metro o con una separación menor a esta, previa aprobación de la interventoría.

A continuación, se describen los requerimientos necesarios para una u otra metodología:

3.5.1 LEVANTAMIENTO CONVENCIONAL

Una vez se apruebe por parte de la Interventoría el posicionamiento GNSS, la poligonal debidamente ajustada y verificada, en sus componentes X, Y, y la nivelación con cota geométrica, se procede con la toma de los detalles en el área de influencia, capturando la totalidad de los elementos, necesarios para el desarrollo del proyecto y para cada una de las especialidades requeridas, proceso realizado mediante radiación simple con estación total o sistema GNSS RTK.

La totalidad de los elementos contenidos en el área de influencia del proyecto tendrán los componentes punto, nomenclatura del punto, descriptor, bloque del punto (si requiere) y componente espacial X, Y, Z.

Con apoyo en la poligonal base, se realizará el levantamiento topográfico de cada tramo. En el caso de tramos urbanos se definirá las líneas de paramento, antejardines, silueta de andenes, separadores, sardineles, accesos a garajes, bermas, bordes de vía, quebradas, ríos, cercas, torres de energía, accesorios sobre líneas matrices de redes de distribución, postes, hidrantes, cajas, válvulas, bancas, cunetas, alcantarillas, señales de tránsito, semáforos, armarios y demás detalles que se encuentren dentro de la zona de influencia y tengan relevancia para el desarrollo del proyecto.

En la cartera de campo se especificará en forma muy detallada el gráfico aproximado del área de trabajo, anotando en ella direcciones de sardinel, paramentos, curvas, separadores, nombres de predios, nomenclatura, cercas, postes, accesos a predios, cultivos, encoles, descoles, obras de drenaje, muros y su descripción, superficies de taludes y demás infraestructura.

Las carteras de topografía contendrán dibujadas la mayor información del terreno, para poder orientar en forma adecuada los trabajos de oficina.

Se tomarán secciones en todos los cruces mayores de agua donde se definan obras de alcantarillas y puentes y otros que tengan incidencia en el trazado, para poder definir las soluciones más convenientes. Estas se realizarán en el área definida por el especialista hidráulico en conjunto con interventoría.

Se localizará por coordenadas los cruces de fauna que se encuentren en el corredor del proyecto vial según estudio ambiental con el fin de tener la información base necesaria para proteger los flujos transversales que permita conservar los recursos naturales mediante la construcción de las obras requeridas.

Para el diseño del eje en corte a media ladera, en los casos donde se diseñe muros de contención, se deberá tomar topografía en detalle.

Se tomará topografía detallada en zonas de ponteaderos, portales, así como donde se presenten sitios potencialmente inestables de la ladera, para que los especialistas realicen el prediseño de la solución que corresponda; el área deberá ser determinada juntamente con la Interventoría.

Se incluyen en esta actividad los levantamientos topográficos requeridos, muros, áreas de fuentes de materiales, sitios de disposición de sobrantes, etc.

Se debe tener en cuenta que la tecnología RTK tiene limitaciones en zonas donde la vegetación, los paramentos u otros elementos obstaculizan la señal de los satélites, por lo que, el uso de estos equipos queda limitado a zonas despejadas. Las zonas en las que RTK presente limitantes, podrán ser complementadas con estación total. El uso de estas tecnologías se evaluará en conjunto con interventoría y su aprobación se realizará de acuerdo con las condiciones particulares de cada proyecto.

Especificaciones Mínimas Equipos Utilizados

EQUIPO GNSS

Receptor GNSS-RTK, multifrecuencia o doble frecuencia, precisión geodésica, con precisión en método estático mínimo de 4 mm + 1 ppm horizontal y 7 mm + 2 ppm vertical y precisión en método RTK mínimo 15 mm + 1 ppm horizontal y 20 mm + 1 ppm vertical, ángulo mínimo de recepción 15° grados sobre el horizonte, duración de épocas a captar entre 1 y 15 segundos máximo.

ESTACIÓN TOTAL

Precisión lineal ≤ (2 mm + 2 ppm x D), precisión angular ≤ 5. Alcance: con un prisma hasta 2000 metros en buenas condiciones. (Accesorios: Trípodes, bastones, prismas, cintas metálicas, baterías, entre otros).

Se debe presentar el certificado de calibración en el que conste que el equipo se encuentra en buen estado y cumple con las especificaciones técnicas de uso, relacionará el número serial y referencia técnica del equipo.

NIVEL DE PRECISIÓN

Los diámetros mínimos de los objetivos en centímetros (cm) serán 2.5 a 4.5, sensibilidad del nivel 60" a 30, aumento ≥ 28x, precisión instrumental (mm/km) ≤ 1.5. (Accesorios: Trípode y mira patronada en buen estado).

Se debe presentar el certificado de calibración en el que conste que el equipo se encuentra en buen estado y cumple con las especificaciones técnicas de uso, relacionará el número serial y referencia técnica del equipo, si es láser, se presentará el certificado de calibración del equipo.

3.5.2 LIDAR

LIDAR (un acrónimo del inglés Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging) es una tecnología que permite determinar la distancia desde un emisor láser a un objeto o superficie utilizando un haz láser pulsado, obteniendo una nube de puntos 3D del escenario en el que se encuentre con una altísima velocidad y precisión; el levantamiento de detalles se podrá realizar con LIDAR aerotransportado o LIDAR móvil terrestre.

El contratista podrá hacer uso de diferentes tecnologías según las necesidades del proyecto, sin embargo, Independiente de la tecnología que se desee emplear para la realización del estudio topográfico, el plano topográfico, el modelo digital de terreno y demás entregables deberán cumplir con los requisitos de precisión exigidos en el presente documento para los vértices GNSS, poligonal o marco de referencia, nivelación y detalles.

Se debe tener en cuenta que la tecnología LIDAR, tiene limitaciones en zonas con vegetación alta, cuerpos de agua, zonas de taludes altos, etc…, por lo que, el uso de estos equipos queda limitado a zonas despejadas y con baja vegetación. Las zonas con vegetación alta podrán ser complementadas con topografía convencional. El uso de estas tecnologías se evaluará en conjunto con interventoría y su aprobación se realizará de acuerdo con las condiciones particulares de cada proyecto.

LIDAR AEREO

Debe realizarse contando con los permisos requeridos para este tipo de trabajos en el país. Todos los permisos y trámites necesarios para la realización de los vuelos son responsabilidad del consultor.

Para la realización de proyectos se debe realizar la toma de datos LIDAR y vuelo fotogramétrico digital combinados de alta resolución y tener en cuenta los siguientes requerimientos:

a. El contratista deberá hacer entrega al interventor de:

   - Certificado vigente y parámetros de calibración del sensor y cámara.
   - Parámetros para el vuelo: Recubrimiento longitudinal, Recubrimiento lateral, Altura de vuelo, sensor.
   - Datos de la Cámara: Número de imágenes, Posiciones, Altura de vuelo, Puntos de paso, Resolución espacial (cm/píxel), Error de proyección (píxel), Área cubierta.
   - Información técnica del sensor y la cámara a utilizar.

b. Previo a la ejecución del vuelo, el consultor hará entrega a la interventoría de la estructuración del plan de vuelo, de tal manera que ésta efectúe las observaciones y aprobación de este.

c. El plan de vuelo definido deberá garantizar el cubrimiento del área del proyecto, y contar con las líneas vuelo necesarias para una adecuada toma de detalles, aplicación de correcciones y productos entregables.

d. El recorrido deberá contar con un sistema de posicionamiento para la georreferenciación de cada una de las capturas, apoyado en la Base GNSS ubicada en un punto con coordenadas conocidas.

e. Materializar puntos de control en tierra para la georreferenciación, que podrán ser los mismos vértices de las poligonales.

f. La altura de las estaciones base debe ser determinada con nivelación geométrica de precisión.

g. El consultor deberá presentar como mínimo:

   - Memoria de cálculos.
   - Archivos GNSS crudos del vuelo.
   - Descripciones, cálculos y Archivos GPS de las estaciones base.
   - Ajuste y reporte de Datos LÍDAR al Modelo Geoidal.
   - Reporte RMSE de la verificación del ajuste en coordenada X, Y, Z.
   - Nube de puntos clasificada.
   - Archivos DWG del levantamiento.
   - Archivos magnéticos de cálculo y dibujo (DWG).
   - Certificado de calibración de los equipos.
   - Anexo Fotográfico.
   - Entrega de ortofoto con resolución mínima de 10 cm por píxel.
   - Entrega de MDT con eliminación manual de ruido de los datos del proyecto, con puntos relevantes del terreno para generación de TIN.
   - Entrega de curvas de nivel cada metro, generadas a partir del MDT.
   - Entrega de digitalización a escala 1:2000.

h. La densidad mínima de datos LIDAR debe ser de 10 puntos/m2, con una precisión de los datos por debajo de 10 cm RMS en elevación. Las imágenes digitales y ortofotos generadas deben contar con un tamaño de píxel igual o menor a 10 cm, con una precisión planimétrica de 10 cm.

i. El plano topográfico, el modelo digital de terreno y demás entregables deberán cumplir con los requisitos de precisión exigidos en el presente documento para los vértices GNSS, poligonal o marco de referencia, nivelación, detalles.

LIDAR Móvil Terrestre

Para la realización de proyectos con toma de datos LIDAR Móvil Terrestre se deben tener en cuenta los siguientes requerimientos:

a. Materializar dianas o puntos de control para la georreferenciación, que podrán ser los mismos vértices de las poligonales.

b. El traslado de coordenadas debe cumplir con lo especificado en el presente documento.

c. La cota de los puntos de control debe ser producto de la nivelación geométrica.

d. Se debe hacer un filtrado y control de la nube de puntos.

e. El equipo móvil de adquisición de información cartográfica empleado para realizar el recorrido deberá contar con un sistema de posicionamiento para la georreferenciación de cada una de las capturas, apoyado en la Base GNSS ubicada en un punto con coordenadas conocidas para realizar corrección en posición de las imágenes capturadas.

j. El consultor deberá presentar como mínimo:

- Memoria de cálculos.
- Archivos GNSS crudos.
- Reporte RMSE de la verificación del ajuste en coordenada X, Y, Z.
- Nube de puntos clasificada.
- Archivos DWG del levantamiento.
- Archivos magnéticos de cálculo y dibujo (DWG).
- Certificado de calibración de los equipos.
- Anexo Fotográfico.
- Entrega de MDT.
- Entrega de MDT con eliminación manual de ruido de los datos del proyecto, con puntos relevantes del terreno para generación de TIN.
- Entrega de curvas de nivel cada metro, generadas a partir del MDT.

f. El plano topográfico, el modelo digital de terreno y demás entregables deberán cumplir con los requisitos de precisión exigidos en el presente documento para los vértices GNSS, poligonal o marco de referencia, nivelación, detalles.

3.6 MODELO DIGITAL DE TERRENO

Un Modelo Digital del Terreno (MDT) es la representación simplificada de la topografía del terreno (las alturas sobre el nivel del mar). Para ello se considera que las elevaciones forman una superficie tridimensional ondulada, en la que dos dimensiones se refieren a los ejes de un espacio ortogonal (X, Y), y la tercera mide la "altura" (Z). Por ello, se suele hablar de representaciones gráficas con dos dimensiones.

El producto digital por entregar de las zonas levantadas contará con las componentes (X, Y, Z), que permita la generación de un modelo digital de terreno, este se determinara con todos los puntos levantados sobre la superficie y los elementos levantados como bordes de vía, sardinel, separadores, canales, cunetas, que serán incluidos en el modelo como líneas de quiebre.

El modelo digital de terreno debe proporcionar la suficiente información para generar curvas de nivel, perfiles longitudinales y secciones transversales del terreno, como mínimo cada diez metros.

3.7 PLANOS

El consultor deberá elaborar los planos e informes requeridos para el proyecto, considerando como mínimo lo siguiente:

- ✓ PLANOS TOPOGRÁFICOS

  - Trazado de Poligonal.
  - Ubicación de Deltas-BMs.
  - Curvas de nivel con separación máxima de 2 metros.
  - Cuadro de Coordenadas y cotas corregidas de cada vértice.
  - Puntos Levantados: Representación de cada uno de los puntos levantados a lo largo del proyecto.
  - Acotaciones y nomenclaturas.
  - Escala gráfica.
  - Escala numérica.
  - Grilla.
  - Fecha de elaboración.
  - Tabla de modificaciones.
  - Cuadro de convenciones.
  - Norte geográfico.
  - Título de proyecto y contenido.
  - Especialistas de interventoría, consultoría y entidad contratante.
  - Curvas de nivel índice y subíndice.

Se presentarán planos en planta de acuerdo con las condiciones topográficas del proyecto, en físico en formato PDF con firma del profesional y en archivo magnético en formato .dwg o compatible.

3.8 ESTRUCTURA DE CARPETAS Y ENTREGABLES

El informe de estudios topográficos debe ser presentado con la siguiente estructura de carpetas:

- Anexo 1: Informe General.

- Anexo 2: Archivos Rinex.
  - Bases Posicionamiento.

  - Vértices Posicionados.
  - Descripción de puntos GNSS.

- Anexo 3: Cálculos de Reporte y Postproceso de Ajustes.
  - Efemérides.
  - Calculo Cambio de Época.
  - Reportes de Postproceso.
  - Carteras de posicionamiento.

- Anexo 4: Especificaciones Técnicas de Equipos.

  - GNSS.
  - Nivel.
  - Estación Total.
  - Otros.

- Anexo 5: Certificados de Calibraciones Equipos.

  - GNSS.
  - Nivel.
  - Estación Total.
  - Otros.

- Anexo 6: Datos Crudos Poligonal y Detalles.

  - Poligonal.
  - Detalles.
  - Otros.

- Anexo 7: Cálculo Poligonal y Detalles.

  - Poligonal.
  - Listado de Detalles.
  - Listado de Códigos de levantamiento.

- Anexo 8: Cálculos y Ajuste de Nivelación.

  - Nivelación en Excel.
  - Carteras de Nivelación.

- Anexo 9: Vértices IGAC.

- Anexo 10: Tarjetas Profesionales.

  - Tarjeta Profesional.
  - Certificado de Vigencia.

- Anexo 11: Registro Fotográfico.

- Anexo 12: Planos Topográficos.

  - Planos en Planta (Planos en Plano Topográfico Local y Planos en origen único nacional).
  - MDT.

- Anexo 13: Inspección de Redes.

  - Redes Secas.
  - Redes Húmedas.

- Anexo 14: Otros Entregables.

  - Carteras de Dibujo.
  - Cálculo y entregables Lidar (Si aplica).

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El consultor deberá hacer entrega de un documento de la metodología para la elaboración de los estudios topográficos y presentarla a interventoría para su aprobación.

Los levantamientos topográficos deben cumplir con las precisiones y requisitos establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 6271.

Independiente de la tecnología que se utilice para la realización de los estudios topográficos, el plano, el modelo digital de terreno y demás entregables deberán cumplir con los requisitos de precisión exigidos en la presente guía para los vértices GNSS, poligonal o marco de referencia, nivelación, detalles y otros subproductos.

El uso de nuevas tecnologías es aprovechable para realizar este tipo de proyectos, pero, se debe tener en cuenta su campo de aplicación y la forma apropiada de establecer un buen control de estas.

Se puede realizar combinación de tecnologías, teniendo en cuenta el rendimiento que pueden alcanzar en algunas zonas, pero también las limitaciones que tienen en otras. Por esto, se debe contemplar la combinación de diferentes equipos y metodologías de acuerdo con las condiciones donde se esté desarrollando el trabajo, para entregar un producto de óptima calidad.

2.2. ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO.

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

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES
CAPITULO 2. METODOLOGÍA
CAPITULO 3. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA Y PRIMARIA
CAPITULO 4. PROYECCIONES DE TRÁNSITO
CAPITULO 5. ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
CAPITULO 6. LINEAMIENTOS DE SEÑALIZACIÓN
CAPITULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
ANEXOS

CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES

Los objetivos y alcance para la elaboración de estudio de transporte son:

- Determinar la demanda de tránsito actual y para el período establecido como horizonte del proyecto, junto con su composición vehicular, mediante información primaria de campo, complementada con información secundaria existente del INVÍAS, u otras fuentes, de las matrices origen destino de viajes y otros datos de tránsito (volúmenes peatones, bici usuarios y vehículos) o encuestas, que permitan establecer valores actualizados en las proyecciones de este.
- Analizar, mediante la utilización de modelos de transporte y tránsito y con base en la información secundaria y primaria, los efectos generales del proyecto sobre la red vial involucrada para la situación base y las proyectadas, considerando los proyectos existentes y futuros de la zona del proyecto.
- Realizar el análisis de capacidad y niveles de servicio, y examinar su consistencia con la demanda máxima proyectada para el período establecido como horizonte del proyecto.
- Identificar y analizar los posibles conflictos entre los diferentes actores del corredor y/o sitio de interés (peatones, bici usuarios, vehículos). Así mismo, se deberán plantear soluciones que garanticen la movilidad y seguridad vial de todos los usuarios, y a su vez, las recomendaciones para el desarrollo de dichas propuestas en las siguientes fases de estudio.

Con el estudio se debe obtener información de los datos de viajes in situ, así como el tránsito proyectado, así como la determinación de parámetros para el diseño geométrico, en particular la sección transversal a utilizar. El estudio debe valorar su adaptabilidad a la demanda esperada en el año establecido como horizonte del proyecto, y también comprende la revisión, actualización y complementación de los estudios de transporte o tránsito cuando los mismos existan.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

El Consultor deberá definir la Metodología para el desarrollo del Estudio, documento que se deberá entregar al inicio del Estudio a la Interventoría para su aprobación; y en el cual, se detalla la información secundaria y primaria con que se realizará el estudio, y los trabajos de campo.

La metodología permitirá la obtención de los datos necesarios para:

- Determinar la demanda de tránsito actual y para el período establecido como horizonte del proyecto, junto con su composición vehicular, mediante información primaria de campo, complementada con información secundaria existente del INVÍAS, u otras fuentes, de las matrices origen destino de viajes, encuestas de preferencias declaradas u otros datos de tránsito (volúmenes, velocidades, etc.), que permitan establecer valores actualizados en las proyecciones de este.
- Las características del tráfico de(los) corredor(es) vial(es).

- La demanda potencial de(los) corredor(es) vial(es) considerando distintos escenarios de peajes y evolución de la zona de influencia; evaluación de la competencia (vías alternativas; competencia con otros medios de transporte como trenes de carga). El análisis deberá considerar un escenario base y sensibilidades (optimistas y pesimistas).
- Evaluación y determinación del tráfico existente, desviado, atraído y generado (o inducido).
- La viabilidad económica de (los) corredor(es) vial(es).
- Análisis de capacidad junto con la evaluación de niveles de servicio, tanto de los segmentos viales como de las intersecciones, para determinar un cronograma de inversiones.
- Definir el tipo de proyecto y facilitar la adopción de los parámetros de diseño geométrico, junto con las facilidades de infraestructura para el modo motorizado y los no motorizados.
- Entrega de resultados del tránsito y parámetros operativos para evaluación multicriterio de selección de alternativas del proyecto.

La metodología propuesta deberá comprender los insumos o retroalimentaciones permanentes entre los distintos campos y especialidades de la ingeniería y de otras disciplinas, que intervienen en el diseño integral del proyecto.

2.1. DEFINICIÓN DE METODOLOGÍA DE MODELACIÓN

Para este proceso, el Consultor debe preparar la información necesaria para caracterizar la demanda potencial del corredor vial y sus distintos escenarios y evolución de la zona de influencia, llevando a cabo:

- ❖ La construcción de un modelo de transporte que permita caracterizar la red de análisis bajo un sistema de información geográfica.
- ❖ El análisis del impacto del Plan de Intervenciones en los niveles de tráfico de la carretera y la afectación de otras vías de influencia (utilizando modelos sobre EMME, TRANSCAD, VISUM, entre otros) con información de matrices O-D, tráfico y peajes.
- ❖ A partir del modelo diseñado, realizar las proyecciones de tráfico y de ingresos de posibles peajes; evaluación de las competencias de vías alternativas; competencia con otros medios de transporte. El análisis deberá considerar un escenario base con sus sensibilidades (optimistas y pesimistas).

Las modelaciones desarrolladas para la evaluación y las alternativas del proyecto vial deben ser desarrolladas mediante la utilización de programas de macro modelación de transporte: EMME, TRANSCAD, VISUM, entre otros, y/o herramientas de micro simulación: VISSIM, TransModeler, AISUM entre otras, que permita caracterizar como mínimo los siguientes aspectos:

- Número de carriles, anchos de carriles, giros permitidos, velocidad máxima permitida, condición de la infraestructura (estado del pavimento, velocidad, cruces peatonales, entre otros aspectos).
- Circulación de usuarios peatones y ciclo usuarios en corredores y principalmente en intersecciones.
- Elementos de control como semáforos, señales de pare, ceda el paso, reducciones de velocidad en curvas, accesos, entre otros.

- Composición vehicular como mínimo de vehículos livianos, buses, camiones, motos, bicicletas y peatonales, teniendo en cuenta su tamaño y comportamiento en vía.
- Infraestructura para diferentes usos como: soluciones en intersecciones, intercambiadores, puentes, túneles, corredores peatonales, de motos y de ciclo usuarios, entre otros.

El ingreso de los volúmenes vehiculares en el modelo base y en los escenarios futuros debe considerar la asignación de volúmenes en el corredor de los cambios en la geometría que implique el proyecto con la utilización de un modelo dinámico, o podrá estimarse a partir de un modelo de macro asignación de transporte privado, que detalle suficientemente la representación de los volúmenes en una red vial.

La demanda ingresada en los modelos base debe constar como mínimo de volúmenes en la Hora de Máxima Demanda (HMD) para escenarios pico de la demanda, ya sea AM o PM durante un día hábil y/o periodo pico no hábil.

Las entradas a los modelos se deberán hacer por medio de matrices OD por modo de vehículos livianos, buses, camiones, motos, bicicletas y peatones.

Las tablas resumen de resultados de la red modelada debe contener los siguientes resultados: Velocidad de la red, demoras por tipo de vehículos, tiempos de viaje totales, vehículos ingresados, vehículos efectivos que ingresan y/o análisis de la relación volumen/capacidad), vehículos que salen, resultados desagregados por intersección, nodo, corredor: demoras por vehículo, velocidad, conclusiones del proceso, entre otros.

La calibración de los modelos se validará a partir de las estadísticas y/o metodologías definidas en la literatura y/o estado del arte establecida para tal fin (se recomienda estadístico GEH).

La metodología de estimación de la demanda para los escenarios futuros debe contemplar como mínimo las tasas de crecimiento vehiculares estimadas de diversas fuentes, volúmenes aforados por modos, demanda atraída como consecuencia de otros desarrollos en el área de influencia del proyecto, entre otros aspectos, y de los escenarios futuros modelados de la demanda a 5, 10 y 20 años.

2.2. SOFTWARE Y PROGRAMAS DE COMPUTADOR

Deberá implementarse la metodología BIM, *Building Information Modeling,* que es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, la cual permite detectar y subsanar en tiempo real posibles inconsistencias, interferencias, y conflictos entre especialidades. El Consultor deberá implementar BIM para realizar la modelación del plan de manejo de tránsito de la zona de influencia del proyecto.

CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA Y PRIMARIA

El Consultor deberá recopilar y analizar la información secundaria para proyectos similares en la zona de influencia del proyecto, relacionada con futuros desarrollos urbanísticos, zonas de expansión, existencia de equipamientos especiales tales como hospitales y colegios, usos del suelo adyacentes, aspectos de paisajismo, espacio público y mobiliario urbano que afecten y/o modifiquen la operación del transporte. Adicionalmente, se debe consultar información cuantitativa que permita caracterizar la operación, como volúmenes de modos motorizados y no motorizados, velocidades, trazados viales, entre otros aspectos.

En relación con el marco normativo, el Consultor debe valorar todo el conjunto de normas, leyes y manuales para este tipo de proyectos en Colombia, y en particular, pero sin limitarse a ellos, se deberán considerar los siguientes documentos:

Tabla 2 Marco jurídico y normatividad técnica aplicable para el componente.

No.	Documento	Tipo de Documento
1	Ley 769 de 2002 – Código Nacional de Tránsito.	Normativo
2	Ley 1383 de 2010 – Por la cual se reforma la ley 769 de 2002 – Código Nacional de Tránsito, y se dictan otras disposiciones.	Normativo
3	Decreto 2060 de octubre 22 de 2015, “Por el cual se adiciona el Decreto 1079 de 2015 y se reglamenta el artículo 84 de la Ley 1450 de 2011”. Parte 5, SISTEMAS INTELIGENTES PARA LA INFRAESTRUCTURA, EL TRÁNSITO Y EL TRANSPORTE (SIT).	Normativo
4	Decreto 1079 de mayo 26 de 2015, “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Transporte”. PARTE 5, SISTEMAS INTELIGENTES PARA LA INFRAESTRUCTURA, EL TRÁNSITO Y EL TRANSPORTE (SIT).	Normativo
5	Resolución 546 del 9 de marzo de 2018, “Por la cual se adecua la reglamentación del sistema de Interoperabilidad de Peajes con Recaudo Electrónico Vehicular (IP/REV), se establecen normas de protección a los usuarios y se dictan otras disposiciones”.	Normativo
6	Documentos de evaluación del modelo de operación para la interoperabilidad de peajes electrónicos IP/REV y esquema propuesto en las Resoluciones 4303 de 2015, 3379 de 2016 y 5708 de 2016 expedidas por el Ministerios de Transporte.	Normativo
7	Resolución 546 del 9 de marzo del 2018 “Por la cual se adecua la reglamentación del sistema de Interoperabilidad de Peajes con Recaudo Electrónico Vehicular (IP/REV), se establecen normas de proyección a los usuarios y se dictan otras disposiciones” y la Resolución 883 del 11 de marzo del 2019 "Por la cual se prorrogan los plazos del régimen de transición establecidos en el artículo 33 de la Resolución 00546 de 2018 del Ministerio de Transporte".	Normativo
8	Criterios para el diseño geométrico y paisajístico de la franja de aislamiento y la calzada de desaceleración establecidos en los decretos 3600 de 2007 y 4066 de 2008.	Normativo
9	Criterios para los diseños específicos para los pasos urbanos definidos en el decreto 2976 de 2010	Normativo

Tabla 3 Manuales Técnicos

No.	Documento	Tipo de documento
1	MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA CARRETERAS, adoptado mediante Resolución No. 000744 del 4 de marzo de 2009.	Manual Técnico del INVÍAS.
2	MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN VÍAS CON MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO, adoptado mediante Resolución No.002857 del 6 de julio de 1999.	Manual Técnico del INVÍAS.
3	MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN VÍAS CON BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO adoptado mediante Resolución No. 003482 de 2007.	Manual Técnico del INVÍAS
4	MANUAL DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO PARA VÍAS MULTICARRIL - Primera Versión, INVÍAS, 2020.	Manual Técnico del INVÍAS
5	MANUAL DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES - Primera Versión. INVÍAS, 2020.	Manual Técnico del INVÍAS
6	MANUAL DE SEÑALIZACIÓN VIAL - DISPOSITIVOS UNIFORMES PARA LA REGULACIÓN DEL TRÁNSITO EN CALLES, CARRETERAS Y CICLORRUTAS DE COLOMBIA. Adoptado por Resolución 1885 de 2015.	Manual del Ministerio de Transporte
7	METODOLOGÍAS DE TRABAJO PARA LA SEÑALIZACIÓN DE VELOCIDAD Y ZONAS DE ADELANTAMIENTO EN LA RED NACIONAL DE CARRETERA adoptado mediante Resolución No 001384 de abril 20 de 2010.	Manual del Ministerio de Transporte
8	MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO PARA VÍAS CON BAJOS, MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO, adoptado mediante Resolución 000803 de 2009.	Manual del Ministerio de Transporte.
9	GUIA DE CICLOINFRAESTRUCTURA PARA CIUDADES COLOMBIANAS, Ministerio de Transporte, 2016.	Guía del Ministerio de Transporte
10	NTC 6107-1: SEÑALIZACIÓN VERTICAL DE CALLES Y CARRETERAS. DISPOSITIVOS DEFORMABLES PORTÁTILES Y FIJOS PARA SEÑALIZACIÓN VIAL PARTE 1. NTC 6107-2: SEÑALIZACIÓN VERTICAL DE CALLES Y CARRETERAS. DISPOSITIVOS DEFORMABLES PORTÁTILES Y FIJOS PARA SEÑALIZACIÓN VIAL PARTE 2. NTC 6107-3: SEÑALIZACIÓN VERTICAL DE CALLES Y CARRETERAS. DISPOSITIVOS DEFORMABLES PORTÁTILES Y FIJOS PARA SEÑALIZACIÓN VIAL PARTE 3. NTC 6107-3: SEÑALIZACIÓN VERTICAL DE CALLES Y CARRETERAS. DISPOSITIVOS PORTÁTILES Y FIJOS DEFORMABLES PARA SEÑALIZACIÓN VIAL. PARTE 5.	Normas Técnicas Colombianas

No.	Documento	Tipo de documento
	HITOS DE VÉRTICE Y CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DEL PRODUCTO.	

Con base en la información secundaria obtenida, el Consultor complementará los estudios trabajando en este caso con información primaria adicional de campo. Para este caso en particular, de estudio de vías nuevas o de ampliación de vías existentes, el Estudio tendrá como principal insumo de conteos de tráfico (volúmenes, velocidades, etc.), que se deben ejecutar en el nuevo corredor o carretera a construir y su zona de influencia, que permitan su posterior expansión y asignación. Los aforos vehiculares se deben hacer como mínimo durante dos (2) días típicos de la semana y uno (1) o dos (2) días atípicos de fin de semana (sábado y/o domingo), en periodos de 16 horas consecutivas en la zona de influencia del proyecto. No obstante, se deberá plantear al menos una estación maestra de 24 horas consecutivas, con fines a realizar la expansión y asignación de los demás volúmenes de tránsito.

El número de estaciones de conteo dependerá del comportamiento del tránsito y de los usos de la zona de influencia del proyecto, así mismo de las vías de alimentación o desalojo que posiblemente desviaran por las nuevas condiciones del corredor o ampliación de las vías existentes que se construyan.

La información de campo para aforos se registrará en formatos en periodos de una hora, clasificándolos de acuerdos con el tipo de vehículos (livianos, buses y camiones), motocicletas, bicicletas, en el caso de camiones se discrimina por número de ejes (C-2 pequeño, C-2 grande, C-3, C-4, C-5 y mayor a C-5). Para el caso de proyectos suburbanos en donde el componente de motos, bicicletas y peatones sea significativo, los mismos deberán cuantificarse en estos conteos, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4. Equivalencia para diferentes vialidades.

TIPO DE VEHÍCULO	AUTOMOVILES DIRECTOS EQUIVALENTES (ade)	
	CARRETERAS[1]	GLORIETAS
Bicicletas	0,50	0,50
Motocicletas	1,00	0,75
Automóviles, taxis, vehículos comerciales livianos	1,00	1,00
Buses	3,00	2,80
Vehículos comerciales medianos y pesados, vehículos de tracción animal	3,00	2,80

(1) También aplican para secciones de entrecruzamiento en intersecciones a desnivel

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del INVÍAS, 2021

En puntos generadores identificados en el corredor, se evaluará la conveniencia de realizar aforos peatonales.

El plan de trabajo, cronograma y metodología de las encuestas y aforos de tránsito debe ser examinado y propuesto con todos sus elementos incluyendo la selección de los puntos de toma de información, formatos a utilizar, registros de información, equipos de conteo y capacitación de encuestadores y/o aforadores, entre otros aspectos.

Toda la información primaria utilizada para el desarrollo del estudio deberá ser estudiada y avalada de común acuerdo con la Interventoría del contrato.

En el caso que el proyecto contemple la opción de túneles se deberá identificar modelos de los vehículos y tipo de combustible utilizado, de acuerdo a lo establecido en los requerimientos para el estudio de túneles.

En este capítulo se debe describir la metodología empleada para la recopilación y análisis de información secundaria, y para la toma de información de campo. Así mismo, se deben presentar los principales análisis de resultados: volúmenes vehiculares por días de la semana, distribución por tipo de vehículo, distribución direccional y comportamiento horario del tránsito, entre otros, para los aforos vehiculares, según sea el caso se debe incluir: tipo de vehículo, tipo y número de ejes del camión, tipo de carga de los camiones, ocupación del vehículo, motivo del viaje, y frecuencia. Para el caso del análisis de las encuestas O-D, disposición a pagar y/o encuestas de preferencias declaradas o reveladas; se exige el cálculo de una matriz origen-destino de la zona de influencia del proyecto desagregada por zonas que posteriormente permitan la asignación del tránsito y estimación del volumen de la vía nueva o de la ampliación de vía.

Para llevar a cabo los inventarios de la red vial y transporte público y privado existente, para el caso de ampliación de vías existentes, según la aplicación. Este inventario debe incluir los tramos, sectores e intersecciones presentados en el entorno en el cual se plantea implantar el proyecto. Y debe presentar la oferta vial en términos de dispositivos de control del tránsito (señalización horizontal, vertical y semaforización). Adicionalmente, debe incluir información relacionada con: Referencias de ubicación, longitud, anchos de sección transversal y de los elementos que la componen, número de carriles de circulación, sentidos de circulación, entre otros aspectos.

3.1. REQUISITOS MÍNIMOS PARA EL USO DE TECNOLOGÍAS

Para la información primaria a recolectar se podrá utilizar aplicaciones tecnológicas de última generación como cámaras, contadores electrónicos, filmaciones de video o cualquier dispositivo electromecánico que permita el conteo y clasificación de vehículos y que redunden en el mejoramiento de la calidad respecto de las metodologías tradicionales, siempre y cuando permita el 95% de confiabilidad.

- **Levantamiento de Información**

El levantamiento de Información de campo debe realizarse a través de un medio tecnológico verificable, que almacene y capture los datos durante mínimo 16 hasta 24 horas continuas en un día típico y/o hábil.

Las cámaras no deben instalarse en los extremos del tramo, ni en o cerca de peajes, ni en o cerca de estaciones de servicio, tampoco en o cerca de intersecciones, ni en o cerca de

glorietas, ni en casco urbanos, ni en o cerca de talleres de obras, ni en curvas. El Consultor debe considerar al momento de definir el ángulo de visión ubicar la cámara de tal forma que no se presente refracción de las luces de los vehículos en horas de la noche y lograr una visión de calidad en horas de la noche.

Es importante que las cámaras se instalen con el ángulo adecuado (nunca perpendicular al flujo de vehículos) a fin de identificar los ejes, el tipo de vehículo, para asegurar la cobertura de los vehículos que pasan y la identificación de sus ejes.

Se deben tener en cuenta lo siguiente para definir las actividades:

El Consultor debe garantizar que la ubicación del equipo en cada estación tenga una cobertura del 100% de todos los vehículos que transitan por cada estación en los carriles de circulación y que la toma de información sea de alta calidad para cada una de las categorías de día y de noche.

Teniendo en cuenta que en algunas ocasiones la toma de información se localiza en sitios retirados, el Consultor debe considerar que los equipos a utilizar deberán ser autónomos, ya que una vez instalados se dejarán sin vigilancia, deben contar con energía propia, cerca del 96% de las estaciones corresponde a una cazada de dos sentidos, por lo que con un solo equipo (cámara) por estación el Consultor debe garantizar que la tecnología del equipo cuenta con la resolución y cobertura para la toma de información de día y de noche por estación.

Ficha técnica de la estación: el Consultor debe elaborar una ficha técnica de cada estación, esta debe incluir el esquema de ubicación de la cámara por estación en el tramo indicando, si tiene separador, numero de calzadas, número de carriles y movimientos vehiculares identificando cada sentido, establecer las condiciones particulares de cada estación así mismo recomendar si requiere modificar la ubicación. Las fichas se deben entregar antes de iniciar los trabajos de campo, con las fichas técnicas de cada estación el Consultor revisará si por la existencia de un separador y/o condición especial, se requiere cámara adicional en cada estación.

- **Captura y almacenamiento de la Información**

Instalador y desinstalador: este personal para comisión en campo, debe contar con cedula de ciudadanía, con carnet de identificación del contratista, certificación de trabajo en las alturas del año 2019, seguro ARL riesgo 5. Es importante tener en cuenta durante la elaboración del cronograma de ejecución en campo un plan de contingencias cuando eventualmente se presenten lluvias ya que no está permitido el trabajo en las alturas con lluvias.

El Consultor debe entrenar al personal que instala y desinstala las cámaras, en todos los aspectos mínimo en cuanto a: la distancia mínima a la calzada, altura de instalación de la cámara (≥6mts), ángulo de captura de la imagen adecuado para la captura de todos las categorías vehículos que circulan por el punto, así mismo en la ubicación de las coordenadas suministradas, manejo de computador portátil, calibración de equipo, programación de la cámara hora de inicio de la toma de información y de finalización, así mismo la verificación una vez instalado el equipo que se esté capturando la información en el dispositivo, todos estos

aspectos, los deberá desarrollar en el Plan de Trabajo y metodología que presentara antes de iniciar los trabajos.

El contratista debe presentar en el Plan de Trabajo el detalle de la logística en cuanto al número de cámaras (debe garantizar 15 estaciones instaladas diariamente) que utilizará, cómo programará el suministro de cámaras a los instaladores para cada comisiones en campo cada día programando y a su vez cómo programa la desinstalación y reposición de equipo durante los tres y medio meses de trabajo continuo, de acuerdo con la experiencia previa de INVÍAS la instalación tiene una duración entre 40 minutos y una hora.

El Consultor deberá disponer de un lugar para el almacenamiento de los videos, de la información de campo que permita el acceso a videos en la nube, para el seguimiento de INVÍAS y de la interventoría, así como para la posterior validación y aprobación por parte de la interventoría. Así mismo debe consolidar la información cada vez que se desinstala la cámara en el lugar de almacenamiento y/o en la nube, verificando que el producto generado en la toma sea de calidad.

El Consultor es responsable de la información producto del levantamiento en campo y debe estar disponible en la nube para su consulta, el video es un producto de la Consultoría una vez es aprobado por la interventoría. El Consultor debe informar a INVÍAS y a la interventoría la dirección donde se consolidará la información digital producto de la captura de información (videos por estación), sitio que estará disponible durante los seis meses del contrato y hasta la liquidación del contrato, el Consultor debe garantizar que se puedan acceder a los videos sin demoras para iniciar el aforo vehicular para la obtención de la intensidad horaria en planillas cada 15 minutos por estación y por categoría de vehículo y la creación de la base de datos.

Para cada estación se deben hacer el registro fotográfico y digital se presentará evidencia de la correcta ubicación del equipo y por estación.

- **Procesamiento y Registro de la Información**

La información obtenida de los videos debe ser registrada en planillas físicas según formato, por periodos de 15 minutos, identificando vehículos por cada sentido de circulación para cada categoría de tránsito. Con esta información se elabora la base de datos correspondiente a la intensidad horaria por categoría cada 15 minutos, archivo plano en medio magnético ordenada verticalmente por estación de fácil procesamiento.

Se debe incluir como mínimo la siguiente información en las planillas de intensidad horaria: nombre de la estación, nombre de cada sentido, coordenadas de ubicación de la estación, aclarar si se modificó la ubicación de la estación suministrada por INVÍAS se debe incluir la nueva coordenada, fecha de aforo hora inicio y hora de terminación.

- **Validación de la Información**

Para validar los resultados, el interventor realizara el aforo con el video, periodos de 15 minutos, aleatoriamente durante las 24 horas con las que se determinara el TPD, por un total de 5 horas,

obteniendo la intensidad horaria la que registrara en las planillas con el objeto se compararla con las planillas de los resultados obtenidos por el Consultor por estación y por categoría. Una vez verificada la información por el interventor la diferencia de resultados y/o el porcentaje de calidad de los datos registrados no debe ser inferior al 94%. Si los resultados no cumplen será necesario volver a revisar los videos para determinar quién tiene el error y ajustar los resultados, es necesario que el Consultor e interventor contemplen esta actividad en los cronogramas de entrega de productos.

CAPÍTULO 4. PROYECCIONES DE TRÁNSITO

Para realizar el pronóstico del tránsito se debe partir de las características específicas de la vía nueva o ampliación de las vías del proyecto, es decir, con la revisión del tipo y escala del proyecto, especificando su funcionalidad y carácter. De acuerdo con la longitud del proyecto se requerirá caracterizaciones por tramos homogéneos para un mayor detalle del Estudio. El cálculo de volúmenes vehiculares debe incluir la determinación del tránsito existente, el tránsito atraído y el tránsito generado; este último teniendo en cuenta la construcción de este proyecto, así como, otros proyectos de infraestructura que se desarrollen en la zona y que puedan influir en este cálculo.

Para este caso, 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 que permitan determinar 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- por tipo de vehículo.

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 u otras fuentes en comparación con otros indicadores económicos de crecimiento, ya sean del crecimiento poblacional, del parque automotor y del producto interno bruto, nacional y regional.

Al utilizarse las series históricas de los registros de conteos de INVÍAS, será necesario verificar su confiabilidad y efectuar un análisis estadístico completo siguiendo los lineamientos establecidos en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del INVÍAS. También podrá utilizarse programas o Software estadístico y de tránsito, parametrizado de común acuerdo con la Interventoría, en cuyo caso el Consultor entregará al INVÍAS los resultados debidamente interpretados.

Es importante mencionar que, para obtener proyecciones de tránsito precisas, además de hacer uso de registros históricos de volúmenes vehiculares insumo de estaciones del INVÍAS y ANI, es pertinente construir modelos de demanda con variables exógenas que sirvan para explicar la demanda del transporte. Generalmente, se consideran variables tales como población, empleos, propietarios de autos e ingresos; parámetros que serán considerados en el año base y serán necesarios en cada uno de los años de proyección desde el modelo de transporte. Al

respecto, la desagregación y detalle de estas variables dependerá del alcance de análisis a realizar.

Los escenarios futuros modelados deberán incluir las demandas generadas por los proyectos del área de influencia de la vía, los planes de ordenamiento territoriales, y demás obras e intervenciones contempladas en el área de influencia del proyecto.

La selección y adopción de modelos de proyección se determinará luego de evaluar taxativamente la situación particular planteada por el proyecto propuesto. De todas maneras, se podrán emplear varios tipos de modelos econométricos y de datos panel que relacionen variables como el TPD, Parque Automotor, Índice de Motorización, desde los más sencillos hasta aquellos que conllevan una mayor elaboración matemática o estocástica, según convenga al proyecto. Dada la complejidad de predecir el futuro, se recomienda generar como mínimo dos escenarios de crecimiento, uno optimista y uno moderado; así mismo, realizar un análisis de sensibilidad de los resultados ante cambios en las principales variables que influyen en el pronóstico del tránsito relativo, tránsito atraído, tránsito generado y la tasa de crecimiento.

Este estudio requerirá del Consultor una coordinación muy estrecha con el especialista de Evaluación Económica, profesional que brindará la información de carácter económico y social muy importante para poder estimar el crecimiento y la evolución de variables de este tipo que incidirán en la pronosticación de los volúmenes de tránsito futuro.

CAPÍTULO 5. ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

Con base principalmente en los resultados de la cuantificación del tránsito y en las especificaciones de diseño geométrico del INVÍAS, así como en otras condiciones, se procederá a efectuar un análisis de la capacidad de la vía, tanto para el momento que se contemple su entrada en servicio, hasta el año que se estime como final de la vida útil del proyecto, en períodos de 5 años para conocer la gradualidad de las necesidades de nuevas intervenciones orientadas a garantizar el nivel de servicio definido para el proyecto.

El análisis de “capacidad” y “niveles de servicio” deberá realizarse no sólo para el tramo crítico de la vía, sino también para una sección típica de la misma. Para la estimación de estos, deberán utilizarse los manuales vigentes del INVÍAS o extranjeros, particularmente el *Highway Capacity Manual* (HCM), debidamente calibrados a las condiciones propias del país, en cuanto a composición vehicular y topografía principalmente; definiendo juntamente con la Interventoría los parámetros necesarios o “datos de entrada”.

Es necesario interactuar en el estudio de los temas de “capacidad” y “nivel de servicio” con el apoyo del especialista en trazado geométrico, profesional que posiblemente propondrá con su experiencia criterios para establecer o definir el nivel de servicio deseado de acuerdo con la jerarquía del proyecto dentro de la red vial nacional, al igual que sus condiciones y características topográficas.

En aquellos lugares en donde se presente intersecciones importantes con vías de jerarquía similar, o se prevean conflictos de tránsito que puedan inducir riesgo de accidentalidad, tales

situaciones deberán modelarse, con el objeto de identificar el tipo de intersección a utilizar, a nivel o desnivel. En todos los casos la determinación de los “niveles de servicio” de la vía, en comparación con el “nivel de servicio” establecido, permitirá generar la eventual gradualidad de las obras, tanto del corredor con sus números de carriles como de los tipos de intersecciones viales futuras.

Se considerarán los diferentes factores que afecten o influyan en la capacidad y servicio de la vía, las intersecciones o en la circulación; características de los vehículos, tipo de operación, condiciones de la vía, efectos climáticos, y otros; o aquellos referentes a la circulación, sección transversal, pendiente, velocidad, visibilidad, entre otros. Se investigará específicamente los máximos volúmenes observados, la distribución direccional, la composición del tránsito y las fluctuaciones del tránsito en el tiempo.

Las evaluaciones de capacidad y niveles de servicio deberán ser desarrollados mediante la utilización de herramientas de microsimulación como: VISSIM, TransModeler, AISUM entre otras.

CAPÍTULO 6. LINEAMIENTOS DE SEÑALIZACIÓN

A partir del análisis de seguridad vial y de la geometría de las vías existentes, se debe realizar el diseño para concesión de la señalización vertical y horizontal de las vías, de acuerdo con el Manual de Señalización Vial vigente, y se dará prioridad a la utilización de señales y paneles de información variable.

Los aspectos de señalización para la Fase II a tener en cuenta en el diseño de alternativas, incluye la entrega de lineamientos y recomendaciones planteadas mediante planos e ilustraciones apoyadas de esquemas, fotos, renders y todos aquellos elementos gráficos o descriptivos que permitan tener la claridad de conceptos desarrollados en esta fase de proyecto para posterior diseño de detalle en la etapa de estudios y diseños.

Los lineamientos de señalización deberán comprender aspectos de accesibilidad, conectividad vial, peatonal y de ciclorrutas y para cada tipología de infraestructura propuesta, acorde con las alternativas de diseño geométrico y urbano del proyecto.

Se deben definir cantidades de obra (señalización vertical, demarcación vial, dispositivos de control, etc) que permitan hacer estimaciones de costos y se identifiquen puntos de especial interés que deben ser tenidos en cuenta en la etapa de Diseños.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Específicamente el Volumen III. Estudio de Transporte para la Fase II, deberá suministrar resultados y recomendaciones que permitan:

- Identificar las Entidades del orden nacional, departamental, regional o local relacionadas con el desarrollo del proyecto.

- Recopilar y seleccionar la información secundaria disponible y resultados de la información primaria registrada (encuestas, volúmenes motorizados y no motorizados, inventarios viales, velocidades).
- 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.
- Plantear posibles soluciones seguras que garanticen la movilidad de usuarios motorizados y no motorizados, y a su vez las recomendaciones para el desarrollo de dichas propuestas en las siguientes fases de estudio.
- Estimar cantidades o índices que permitan establecer un costo preliminar del proyecto para su factibilidad económica.
- Generar conclusiones, recomendaciones y lineamientos para cada alternativa estudiada y aportar los criterios necesarios para el respetivo análisis multicriterio para selección de la solución definitiva para tener en cuenta en la etapa de estudios y diseños del proyecto, fase III.
- Verificar y/o ajustar las características geométricas dispuestas para el proyecto, como se exige en el volumen correspondiente al trazado y diseño geométrico, de manera que garanticen teóricamente la administración de un volumen de tránsito que corresponda al nivel de servicio establecido para el proyecto.
- Ser 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. Así mismo, serán esenciales los resultados de los efectos del tránsito y sus proyecciones para los estudios de Evaluación Económica y/o componente Ambiental del Proyecto que posiblemente mostrarán, en términos económicos, las bondades del proyecto.
- Plantear medidas de gestión y/o mitigación a los conflictos o afectaciones a la operación del tránsito y el transporte derivadas de la implantación del proyecto e identificadas en el desarrollo del estudio de transporte en la Fase II. Lo anterior, a partir de un análisis cuantitativo y/o cualitativo que permita optimizar la asignación de recursos y mejorar el desempeño de la infraestructura propuesta.

ANEXOS DE LOS ESTUDIOS

Se deberá presentar y organizar en medio digital toda la información secundaria y primaria, que haya sido utilizada para el desarrollo del presente Estudio:

- Entorno espacial y temporal del Proyecto, es decir, aspectos como la caracterización de la tendencia de crecimiento económico y de población, tanto en valores nacionales como regionales y su distribución geográfica dentro del área de estudio indicando las fuentes de información utilizadas.

- Análisis de información primaria de los aforos de volúmenes vehiculares o peatonales, o bici usuarios, ejercicios de origen – destino, toma de velocidades, encuestas de preferencias, entre otros.
- Modelos micro y macro de tránsito y transporte calibrados.
- Análisis de capacidad y niveles de servicios para la situación actual o base de proyecto, y condiciones a 5,10 y 20 años de implantación del proyecto.
- Entrega de parámetros evaluados en la matriz multicriterio y justificación de los valores de calificación asignados a cada una de las alternativas evaluadas.
- Inventarios viales (señalización, caracterización de las vías, etc).
- Esquemas de señalización.

Así mismo, se deberá clasificar para fácil consulta, tanto por parte del Interventor y/o del INVÍAS, como por cualquier otra persona que se encuentre interesada en acceder a dicha información.

2.3. VOLUMEN III. ESTUDIO DE TRAZADO Y DISEÑO GEOMÉTRICO

El Informe Final de los estudios de trazado y diseño geométrico a nivel de Fase II deberá considerar como mínimo los siguientes capítulos:

CAPITULO 1 OBJETIVO Y ALCANCES
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO
CAPÍTULO 3. CRITERIOS DE DISEÑO
CAPÍTULO 4. DISEÑO GEOMÉTRICO
CAPÍTULO 5. ALTERNATIVA RECOMENDADA
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
ANEXOS
ARCHIVO IFC A ENTREGAR
PLANOS
CARTERAS DEL PROYECTO

CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES

1.1 OBJETIVO

El Estudio de Trazado y Diseño Geométrico, consiste en la definición del trazado de la vía sobre el corredor seleccionado, mediante análisis de alternativas de trazado, con base en los resultados de los estudios de Fase anterior para lo cual, se deberá realizar la integración de las condiciones geológicas, geotécnicas, hidráulicas, prediales, los aspectos ambientales, y otros sobre el corredor, de acuerdo con la capacidad, nivel de servicio y velocidades de diseño que se espera tener. Además, se deberá definir en función de estas características, las obras principales necesarias para garantizar la estabilidad y sostenibilidad del corredor vial.

Procurando siempre un proyecto atractivo a las comunidades que les comunique de un lugar a otro en un tiempo razonable y con la mayor seguridad y comodidad posible. El Consultor deberá

hacerlo respetando el medio ambiente, con pleno conocimiento de los riesgos de origen natural, protegiendo desde esta Fase a los que vivan y trabajen en su entorno y con el menor costo posible.

1.2 ALCANCES

- Realizar un análisis de alternativas de trazado sobre el corredor seleccionado, que cumplan con las características deseadas, integrando los estudios geológicos, geotécnicos, hidrológicos, prediales y ambientales, socioeconómicos y de seguridad, entre otros, acordes con la escala utilizada. El Consultor podrá definir todas las alternativas posibles de trazado que considere convenientes, y deberá determinar como mínimo una (1) alternativa para el trazado y su diseño geométrico, teniendo en cuenta los criterios establecidos en el Manual de Diseño Geométrico del INVÍAS, los lineamientos de infraestructura verde vial y de sostenibilidad, y las condiciones que se espera tener en cuanto a capacidad y nivel de servicio. En el caso de que en el manual no se defina algún criterio o parámetro de diseño se podrá complementar empleando la norma AASTHO.
- Realizar la toma detallada de topografía ya sea por la metodología convencional o por sistemas alternos cuyo resultado se encuentre dentro de las tolerancias admisibles para levantamientos topográficos de esta índole. (Norma Técnica Colombiana para Estudios Topográficos NTC-6271). El Consultor debe garantizar finalmente, la precisión de la información captada de la superficie del terreno.
- El trazado se deberá integrar e interactuar con los estudios geológicos, geotécnicos, hidrológicos, prediales y ambientales del corredor, con el propósito de garantizar condiciones de estabilidad y sostenibilidad, de esta manera se hará necesario efectuar modificaciones al trazado de manera iterativa hasta conseguir un diseño optimo que cumpla con todas las condiciones.
- Identificar los sitios críticos del alineamiento proyectado conforme al análisis de amenaza por procesos de remoción en masa adelantado por el Consultor; con el fin de evitar el paso por estos sitios si es posible o que sea un condicionante del trazado y que todas las decisiones y obras apunten a la solución de estas problemáticas.

En esta fase se debe diseñar el proyecto y efectuar la evaluación económica final, mediante la simulación con el modelo aprobado por la Entidad contratante. Tiene por finalidad establecer si el proyecto es factible para su ejecución, considerando todos los aspectos relacionados con el mismo.

CAPITULO 2. METODOLOGIA DEL ESTUDIO

El Consultor deberá definir la Metodología a emplear en el desarrollo del Estudio, documento que se deberá entregar a la Interventoría para su aprobación; y en el cual, se detallará la información secundaria y primaria a emplear en el estudio, y los trabajos de campo.

Es importante tener en cuenta que las metodologías para estudios y diseños de proyectos viales imponen la necesidad de efectuar retroalimentaciones permanentes entre los distintos campos y especialidades de la ingeniería y de otras disciplinas, que intervienen en el diseño integral de un proyecto. Solo esta intercomunicación oportuna durante el período de análisis permite la validación y consistencia de los parámetros que se adoptan en el diseño y del conjunto de variables que se derivan.

2.1 SOFTWARE Y PROGRAMAS DE COMPUTADOR

Deberá implementarse la metodología BIM, Building Information Modeling, que es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, la cual permite detectar y subsanar en tiempo real posibles inconsistencias, interferencias, y conflictos entre especialidades. El Consultor deberá implementar BIM, realizando la modelación en un software BIM definido por el mismo en el Plan de Ejecución BIM (BEP), que facilite el diseño de la vía y la interpretación de los resultados.

CAPITULO 3. CRITERIOS DE DISEÑO

Teniendo en cuenta lo especificado en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del INVÍAS y a 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, los lineamientos de infraestructura verde vial y de sostenibilidad, 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.

3.1 CRITERIOS GENERALES

Se presentan criterios generales para tener en cuenta en la fase de diseño de una infraestructura vial, representados por requisitos a considerar y desarrollar en estudios de diseño vial, con el propósito de optimizar de forma simultánea numerosos aspectos a tener en cuenta; entre los que se destacan:

- **La funcionalidad**. Vendrá determinada por el tipo de vía a proyectar y sus características geométricas, así como también por el volumen y propiedades del tránsito, permitiendo una adecuada movilidad a los usuarios y mercancías en tiempos de recorrido coherentes con el volumen y tipo de tráfico.
- **La seguridad vial**, como condición básica para ofrecer en cualquier diseño vial.

- **La comodidad** y percepción de armonía y estética desde el punto de vista de los usuarios viales.
- **La integración con el entorno**. Respetando el medio ambiente, siendo básico la adaptación del proyecto a los contornos topográficos del corredor ocupado por el proyecto.
- **La permeabilidad transversal**, adaptando el proyecto también para permitir y facilitar mediante obras proyectadas, la continuación sin interrupción de los flujos hídricos, agrícolas y de fauna existentes en la zona de influencia directa del corredor del proyecto.
- **Adaptabilidad a las condiciones del futuro**. También conocido como resiliencia de los diseños propuestos.
- **Proyectos viales sostenibles.** Analizar el proyecto en toda su extensión desde el punto de vista financiero, social y ambiental que garantice la vigencia del proyecto a lo largo del tiempo. (Ver requerimientos técnicos correspondiente a Sostenibilidad).
- **La optimización de costos.** Dirigida a obtener el menor costo posible, tanto en la ejecución de la obra como en las etapas de conservación, mantenimiento y explotación.
- **La calidad en la elaboración de los estudios** se deberá ajustar a los requisitos previstos en el Manual de Diseño Geométrico de carreteras y demás normas técnicas vigentes.

Para llegar a la mejor solución se deberá evaluar la integración de todos estos aspectos en el trazado definido por los parámetros y criterios contenidos en el Manual de Diseño Geométrico.

3.2 CRITERIOS Y PARAMETROS DE LA GEOMETRÍA

Antes de iniciar los trazados sobre el corredor seleccionado, 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, 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 los criterios a aplicar en el desarrollo del proyecto definiendo como mínimo las características geométricas como son:

- Tramos homogéneos de acuerdo con la pendiente transversal del terreno.
- Velocidad de diseño, de acuerdo con la categoría de la vía y tipo de terreno.
- Radios mínimos.
- Ancho de calzada.
- Ancho de bermas.
- Ancho del separador (Si aplica).
- Sección Transversal Típica.

- Pendiente longitudinal Máxima y Mínima.
- Longitud de pendiente crítica.
- Geometría sección en túnel (Si aplica).
- Geometría sección en puente o viaducto (Si aplica).

CAPITULO 4. DISEÑO GEOMETRICO

Con base en la información cartográfica obtenida, se deberá clasificar el terreno en (Plano, Ondulado, Montañoso, Escarpado) en función de la pendiente transversal, como insumo para definir tramos homogéneos y su velocidad de diseño.

El trazado de la rasante deberá hacerse en forma conjunta con el de la planta ya que salvo condicionantes urbanos, para adaptarse al terreno, es la planta la que se modifica hasta conseguir la rasante deseada. Por ello es necesario controlar de manera simultánea el alineamiento horizontal y la rasante

El Consultor, con base en la línea de pendiente y la toma de información topográfica (ya sea por la metodología convencional o por tecnologías alternas), procederá a la implantación del proyecto en planta, perfil y sección transversal, de acuerdo los criterios de diseño establecidos.

El Consultor deberá cumplir con lo establecido en el Manual de Diseño Geométrico del INVÍAS vigente a la fecha, y los criterios y premisas establecidos en el capítulo anterior.

En trazados de alta montaña se deberá buscar que la pendiente longitudinal evite tramos con pendientes sostenidas con longitudes en ascenso superiores a las especificadas para la inclinación de la tangente, la velocidad de diseño y el vehículo de diseño. En los casos en que se supere la longitud crítica en ascenso y si el volumen de camiones lo amerita se deberá implantar carriles de ascenso.

Las obras principales planteadas producto del trazado geométrico deberán ser analizadas desde el punto de vista de la seguridad vial, la estabilidad del corredor, conveniencia económica, sostenibilidad, análisis de riesgos, jerarquía, importancia de la carretera y demás aspectos relacionados en los criterios generales, teniendo como premisa un horizonte mínimo de 20 años.

El trazado deberá ser el producto de un análisis interdisciplinario donde se tenga en cuenta todos los puntos críticos, zonas potenciales de falla, amenazas, reservas naturales y demás condicionantes del diseño. Se deberá realizar un plano donde se puedan apreciar todos estos elementos junto con el trazado con el fin de evaluar su interacción y los criterios establecidos para cada uno.

Cada sector particular podrá tener diferentes soluciones por lo que el Consultor debe recomendar aquella que ofrezca las mejores condiciones técnicas y que cumpla con todas las premisas establecidas.

Se deberá tener en cuenta la integración del proyecto a las condiciones ambientales existentes y el paisajismo, buscando preservar el entorno y minimizando los impactos ambientales, teniendo en cuenta el uso y valores de los suelos afectados, adaptando el proyecto de la mejor forma a la topografía existente.

En esta fase del trazo vial se identificarán las redes, infraestructuras y activos existentes, las comunidades étnicas y el patrimonio urbano, arquitectónico, cultural y arqueológico que puedan impactar el proyecto, así como títulos mineros en procesos de adjudicación, otorgados, existentes y en explotación.

En cuanto a la seguridad vial se tendrá en cuenta la consistencia en los valores de los radios de las curvas horizontales y las velocidades, así como también la coordinación de los alineamientos en planta y en perfil longitudinal. En vías de una calzada y trafico bidireccional analizar y presentar las longitudes de las zonas de adelantamiento encontradas.

El trazado debe contemplar, prever y diseñar las intersecciones que resulten producto del diseño de acuerdo con los volúmenes y demandas previstas.

Dentro del proceso de diseño el Consultor deberá ir calculando el movimiento de tierras y deberá optimizarlo con el fin de garantizar las menores longitudes de acarreo. En interacción con el especialista en geotecnia deberá determinar los porcentajes aprovechables de cada sector de corte, así como los porcentajes de transición del material de banco suelto y compacto. Se deberá realizar un esquema donde se determine la ubicación de los cortes, los llenos, los préstamos y sitios de disposición de sobrantes con el fin de determinar los acarreos.

El análisis y la búsqueda de la solución adecuada, es lo que se entiende por el "Arte de proyectar".

4.1 MODELACION

El trazado deberá ser realizado con software de diseño que permita realizar la visualización de planta, perfil y sección transversal de forma simultánea, así como que cada modificación que se realice en alguno de estos elementos se actualice en los otros dos.

El software deberá permitir realizar modelaciones 3D de forma rápida con el fin de verificar y validar los criterios planteados. Estas modelaciones deberán ser presentadas y entregadas al INVÍAS durante el proceso de diseño. Deberá entregarse una modelación del diseño aprobado.

El Consultor a partir del diseño deberá modelar o calcular las distancias de visibilidad cada 10 metros en los dos sentidos de circulación, controlando para una determinada velocidad de diseño que la distancia de visibilidad de parada se cumpla en la totalidad del proyecto, así como también el cumplimiento de la distancia de visibilidad de adelantamiento proporcionada en la longitud establecida, de acuerdo con el Manual de Diseño Geométrico.

El propósito es el de identificar los sitios críticos donde se presente distancias menores a la distancia de visibilidad de parada o incluso de adelantamiento y ajustar los diseños permitiendo mayores distancias de visibilidad, hasta obtener por lo menos distancias mayores a la distancia

de visibilidad para determinada velocidad, de acuerdo con el criterio contenido en el Manual de Diseño Geométrico.

El Consultor deberá realizar un análisis de consistencia del diseño utilizando los modelos aplicables al proyecto o utilizando el Interactive Highway Safety Design Model (IHSDM). Con los resultados obtenidos, el diseñador deberá realizar cambios en los elementos del diseño geométrico con el fin de mejorar o corregir los elementos que puedan poner en riesgo la seguridad de los usuarios.

CAPÍTULO 5. ALTERNATIVA RECOMENDADA

La alternativa recomendada, será el resultado de la evaluación interdisciplinaria, de todas las áreas de estudio del corredor de ruta seleccionado en la fase anterior. El Consultor deberá analizar y presentar las ventajas y desventajas del corredor seleccionado.

En el corredor vial estudiado, el Consultor deberá incluir un análisis económico que determine la relación Beneficio-Costo, empleando el modelo económico más conveniente aprobado por la Interventoría. (Ver requerimientos técnicos de Evaluación Económica y Financiera).

La toma de decisiones reúne algunos componentes básicos para tener en cuenta, tales como el conocimiento de las características e importancia de cada aspecto a estudiar.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio deberá suministrar resultados y recomendaciones que permitan como mínimo:

- Identificar los criterios de diseño y parámetros adoptados para definir el trazado y diseño geométrico de la vía. El Consultor deberá establecer las ventajas y limitaciones encontradas durante el proceso de diseño. Adicionalmente, presentar las alternativas estudiadas y la recomendada finalmente en el corredor. E indicar los criterios de selección empleados en el estudio.
- El trazado y diseño geométrico es un insumo fundamental para la actuación de otros especialistas indispensables en los estudios y diseños requeridos para un proyecto vial
- Se deberán dejar escritas explícitamente las recomendaciones a tener en consideración durante la etapa de diseños definitivos.
- Deberá cuantificar los beneficios obtenidos para el proyecto, mediante el empleo del Software seleccionado por él.

ANEXOS

Se deberá organizar en medio digital toda la información secundaria y primaria que haya sido utilizada para el desarrollo del presente Estudio. Así mismo, se deberá establecer un sistema de clasificación de los documentos a entregar para facilitar su consulta, tanto por parte del Interventor y/o del INVÍAS, como por cualquier otra persona que se encuentre interesada en acceder a dicha información.

ARCHIVO IFC A ENTREGAR

Se entregará archivo en formato IFC, relacionado con la metodología BIM que facilite el intercambio de información entre diferentes herramientas de software, el cual deberá incluir toda la información del modelo vial.

PLANOS

Deberá implementarse la metodología BIM, *Building Information Modeling,* que es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, la cual permite detectar y subsanar en tiempo real posibles inconsistencias, interferencias, y conflictos entre especialidades. El Consultor deberá implementar BIM, realizando la modelación en un software BIM definido por el mismo en el Plan de Ejecución BIM (BEP), entregando los modelos tanto en formato nativo como interoperable IFC, además de entregar los planos en formatos DWG y PDF. Los planos en sus formatos deberán tener una expresión y escala adecuada de tal manera que todo el contenido de los planos sea claro y legible, además de estar completos y acordes a lo establecido en la NTC 1580 DIBUJO TECNICO ESCALAS.

El Consultor deberá elaborar y entregar los planos definitivos en formato “DWG” y en formato “PDF” con la firma del responsable de su elaboración, e informes requeridos para el proyecto, sin perjuicio de lo establecido en el Capítulo 9 del Manual de Diseño geométrico del INVÍAS, considerando como mínimo los siguientes:

- ✓ UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO

Se presentará un plano en donde se muestre la ubicación del proyecto dentro del territorio nacional y a nivel local, de tal manera que con este plano se pueda acceder, sin requerir información adicional, a la zona de la obra; en Planchas de 1.0 X 0.7 m. y su respectivo archivo magnético en formato “.DWG” o compatible.

- ✓ REDUCIDO DEL PROYECTO

Se presentará a escala 1:10.000 H y 1:1.000 V en los formatos planta - perfil y debe contener como mínimo:

Reducido de la Planta

- Distribución de planchas de localización del proyecto con su respectiva numeración.
- Presentar únicamente el eje o los ejes diseñados, abscisado cada 250 m.
- Descripción detallada de las abscisas de iniciación y terminación del proyecto.
- Localización con sus respectivos nombres de ríos y quebradas de importancia.

- 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 y descripción de puentes, pontones, muros y obras complementarias.
- Pendientes del proyecto.
- Abscisado cada 250 m.
- Resumen de cantidades de obra en corte y terraplén cada 2 km.

✓ PLANOS TOPOGRÁFICOS

Planos de Poligonal

- Ubicación de Deltas-BMs.
- Cuadro de Coordenadas y cotas corregidas de cada vértice.
- Puntos Levantados: representación de cada uno de los puntos levantados a lo largo del proyecto.

Planos de Diseño

Se presentarán planos en los formatos planta - perfil o independiente planta y perfil de acuerdo con las condiciones topográficas del proyecto, en físico y en archivo magnético en formato ".DWG" o compatible; y deberán contener como mínimo:

Planta

- Escala 1:1.000.
- Eje del proyecto rotulado con abscisas cada 100 m.
- Sección transversal típica.
- Escalas gráficas.
- Localización de obras principales puentes, túneles, alcantarillas y muros proyectados.
- Zonas de inestabilidad geotécnica.
- Nombres de los ríos y quebradas, indicando sentido de las aguas.
- Ubicación de sitios críticos.

Perfil longitudinal

- Escalas H 1:1000 V 1:100.
- Perfil de terreno existente por el eje y la media banca superior e inferior.
- Proyecto de rasante con indicación de pendientes.
- Elementos de curvas verticales.
- Localización de sondeos y sus correspondientes perfiles estratigráficos.
- Nombres de ríos y quebradas.
- Muros de contención.
- Localización de obras de drenaje transversales y sentido de la escorrentía.

Secciones Transversales Típicas

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

- Ancho de calzada.
- Separador (si existe).
- Bermas.
- Pendiente transversal (BN).
- Dimensiones de la cuneta respecto al borde de pavimento.
- Taludes empleados.
- Geometría sección en túnel (Si aplica).
- Geometría sección en puente o viaducto.
- Obras de urbanismo.

Secciones Transversales

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

- Escalas horizontal y vertical 1:200 o 1:100.
- Se presentarán cada 10 metros.
- Estructuras de pavimento empleadas.

CARTERAS DEL PROYECTO

Se deberá presentar las libretas o carteras donde se registró la información de campo utilizada para el desarrollo del estudio, de conformidad con los listados y contenidos establecidos en el Manual de Diseño Geométrico para Carreteras del INVÍAS; los cuales entre otros son:

Carteras Topográficas

- Carteras de Levantamientos de Campo.
- Cálculo de Coordenadas.
- Carteras de Poligonal.
- Carteras de Nivelación.
- Certificados de Calibración de Equipos.

Carteras de Diseño

- Carteras de Alineamiento Horizontal.
- Carteras de Alineamiento Vertical.
- Cartera de Movimiento de Tierras disgregando volúmenes de cortes en roca y material común empleando los perfiles estratigráficos del corredor vial.
- Análisis de Movimiento de Tierras.
- Cartera de Distancias de Visibilidad en los dos sentidos de circulación del tráfico y cuantificar los tramos en los cuales se pueda establecer la maniobra de adelantamiento.

2.4. VOLUMEN IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD VIAL

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

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCE
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA
CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA
CAPÍTULO 4. AUDITORÍAS DE SEGURIDAD VIAL
CAPÍTULO 5. MEDIDAS O ALTERNATIVAS DE SEGURIDAD
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
ANEXOS

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCE

Los objetivos y alcance para el desarrollo de los estudios de seguridad vial se indican a continuación:

- Identificar los posibles problemas de seguridad para las soluciones viales propuestas y analizar los efectos que generan en áreas adyacentes.
- Identificar y caracterizar facilidades para los usuarios viales más vulnerables: peatones, ciclistas y motociclistas, para cada uno de los trazados preliminares de la solución vial propuesta.
- Verificar que los estándares de diseño sean compatibles con el tipo de carretera y las expectativas de los usuarios de la vía, así como tener en cuenta diferentes condiciones meteorológicas adversas y la circulación en periodos diurnos y nocturnos, entre otros.
- Reconocer la coherencia del diseño con la categoría del proyecto, localización geográfica, las características operacionales, el trazado de la vía en planta y perfil, distancias de visibilidad de adelantamiento y parada, zonas de transición y legibilidad, y su impacto dentro de la red vial existente, la disposición de los usos del suelo adyacentes al proyecto, la localización de los intercambiadores viales, entre otros.

Para los estudios de seguridad vial se deberá realizar un diagnóstico basado en datos de accidentalidad disponibles, de acuerdo con la definición del área de estudio para el componente, el cual por lo general obedece al espacio o área de influencia inmediata y que dependerá a su vez de la complejidad del proyecto.

El estudio, deberá permitir establecer criterios e indicadores en seguridad vial a tenerse en cuenta para la calificación de las alternativas planteadas en esta etapa, a partir de información secundaria disponible, en términos datos de accidentalidad, características del proyecto vial, localización, volúmenes de tránsito y composición vehicular, entre otros, y de información que se tenga a partir de los antecedentes del proyecto, incluso de estudios similares que se hayan llevado a cabo sobre corredores adyacentes o en el área de influencia del proyecto. Se deberán identificar puntos de riesgo a nivel de seguridad vial de los corredores o zona de influencia definida para la nueva carretera.

Se deberá adelantar una auditoría de seguridad de conformidad con el alcance de los diseños en esta etapa, según los conceptos y principios establecidos por la Agencia Nacional de Seguridad Vial - ANSV del Ministerio de Transporte. Lo anterior, con el propósito de:

- Incluir dentro de la auditoría de Seguridad Vial, variables, aspectos y parámetros de evaluación que no fueron contemplados en la Fase I.
- Evidenciar la necesidad de efectuar cambios en el diseño sin incurrir en costos adicionales durante y/o después de la construcción.
- Verificar que las soluciones planteadas priorizan a los usuarios vulnerables.
- Verificar la idoneidad de la sección transversal de la carretera.
- Identificar y proponer soluciones para puntos y zonas de conflicto que permitan ser analizadas y detalladas a fondo en etapas posteriores de diseño.
- Verificar detalladamente conexiones a la red vial.

Teniendo en cuenta lo anterior, la elaboración de Auditorías de Seguridad Vial tiene como objeto principal, identificar oportunidades de mejora, optimizar la asignación de recursos y brindar soluciones adecuadas a los conflictos que eventualmente no fueron identificados en estudios y etapas anteriores del proyecto.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

Se deberá presentar la metodología para el desarrollo de los trabajos, la cual deberá permitir la obtención de los datos necesarios para:

Analizar de los impactos en la Seguridad Vial.
Caracterizar de la accidentalidad del sector y del tipo de usuarios.
Estimar la calificación de la Seguridad Vial.
Determinar las medidas y/o actualizaciones en Seguridad Vial.
Presentar los resultados para la evaluación multicriterio de las alternativas del proyecto.

La metodología propuesta permitirá clasificar el riesgo del proyecto vial, en función del análisis de los conflictos entre usuarios viales, mediante el análisis de variables alternativas o indirectas de la seguridad vial.

2.1 SOFTWARE Y PROGRAMAS DE COMPUTADOR

Deberá implementarse la metodología BIM, Building Information Modeling, que es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, la cual permite detectar y subsanar en tiempo real posibles inconsistencias, interferencias, y conflictos entre especialidades. El Consultor deberá implementar BIM, realizando la modelación en un software BIM definido por el mismo en el Plan de Ejecución BIM (BEP), y gestionar dicha información en un Entorno Común de Datos (CDE) que facilite la comunicación entre las partes durante el desarrollo del proyecto y donde puedan consignarse documentos como las actas de reunión, actas técnicas, y demás documentos requeridos para la correcta ejecución del contrato.

CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

Se deberá considerar la información secundaria obtenida de la recolección de datos de siniestralidad (evolución histórica del número de víctimas, fallecidos y lesionados en accidentes de tránsito en los últimos años, diferenciando entornos urbanos e interurbanos), causas de los accidentes, tipo de siniestro, indicadores de seguridad vial, estudios de la zona de influencia y proyectos con características similares.

Adicionalmente, se deberá recopilar información en el área de influencia directa e indirecta del proyecto que sirva para evaluar los desarrollos urbanísticos (accesos vehiculares, peatonales, zonas de expansión, futuros desarrollos, existencia de equipamientos tales como hospitales y colegios, usos del suelo adyacentes, aspectos de paisajismo, espacio público y mobiliario urbano que afecte la seguridad vial), y cualquier otra información relacionada con instrumentos de planeación de los gobiernos locales.

Dentro de la información previa se deberán tener en cuenta informes técnicos, memorias de diseño, esquemas, planos y demás información relevante sobre el proyecto.

En general, se deberá considerar para los estudios con la siguiente información secundaria:

- Datos generales del punto/zona/tramo.
- Documentos normativos y reglamentarios vigentes en la zona de influencia del proyecto.
- Mapas y planos que sean relevantes, preferiblemente en formatos editables.
- Informes y memorias de ASV realizadas anteriormente.
- Insumos gráficos y estudios tales como planos que muestren el área de influencia del proyecto, incluyendo vías adyacentes, propuestas de cambios de sentidos viales, localización de centros generadores de viajes.
- Información en Sistemas de Información Geográfica.

Toda la información secundaria que se obtenga para el desarrollo del estudio deberá ser analizada, revisada y ajustada antes de ser utilizada por el Consultor.

Este estudio requerirá del Consultor una coordinación muy estrecha con las especialidades de Diseño Geométrico y Tránsito, para establecer medidas o actuaciones a tenerse en cuenta en las siguientes fases de diseño.

En relación con el marco normativo, el consultor debe valorar todo el conjunto de normas, leyes y manuales que regulen los anteriores factores para Colombia, y en particular, pero sin limitarse a ellos, se deberán considerar los siguientes documentos:

Tabla 1 Marco jurídico y normatividad técnica aplicable para el componente de Seguridad Vial

No.	Documento	Tipo Documento
1	Ley 769 de 2002 – Código Nacional de Tránsito.	Normativo
2	Ley 1383 de 2010 – Por la cual se reforma la ley 769 de 2002 – Código Nacional de Tránsito, y se dictan otras disposiciones.	Normativo
3	PLAN NACIONAL DE SEGURIDAD VIAL COLOMBIA 2011-2021, Resolución 2273 DE 2014.	Normativo
4	Ley 1503 de diciembre 29 de 2011 - Por la cual se promueve la formación de hábitos, comportamientos y conductas seguros en la vía y se dictan otras disposiciones.	Normativo
5	Resolución 546 del 9 de marzo del 2018 “Por la cual se adecua la reglamentación del sistema de Interoperabilidad de Peajes con Recaudo Electrónico Vehicular (IP/REV), se establecen nomas de proyección a los usuarios y se dictan otras disposiciones” y la Resolución 883 del 11 de marzo del 2019 "Por la cual se prorrogan los plazos del régimen de transición establecidos en el artículo 33 de la Resolución 00546 de 2018 del Ministerio de Transporte".	Normativo
6	Criterios para el diseño geométrico y paisajístico de la franja de aislamiento y la calzada de desaceleración establecidos en los decretos 3600 de 2007 y 4066 de 2008.	Normativo
7	Criterios para los diseños específicos para los pasos urbanos definidos en el decreto 2976 de 2010.	Normativo
8	Resolución 20203040023385 del 20 de noviembre de 2020 del Ministerio de Transporte. "Por la cual se establecen las condiciones mínimas de uso del casco protector para los conductores y	Normativo

No.	Documento	Tipo Documento
	acompañantes de vehículos tipo motocicletas, motociclos, moto triciclos, motocarros, cuatrimotor y se dictan otras disposiciones.	
9	Resolución 20203040011245 del 20 de agosto de 2020 del Ministerio de Transporte. Por el cual se establecen los criterios técnicos de seguridad vial para la instalación y operación de los sistemas automáticos, semiautomáticos y otros medios tecnológicos para la detección de presuntas infracciones al tránsito y se dictan otras disposiciones.	Normativo
10	Proyecto de normativa de 16 de febrero de 2021 del Ministerio de Transporte. Proyecto de Resolución "Por la cual se adopta la metodología para el desarrollo de auditorías e inspección de seguridad vial para Colombia".	Normativo
11	NTC 6107-1: señalización vertical de calles y carreteras. Dispositivos deformables portátiles y fijos para señalización vial **parte 1.** NTC 6107-2: señalización vertical de calles y carreteras. Dispositivos deformables portátiles y fijos para señalización vial **parte 2.** NTC 6107-3: señalización vertical de calles y carreteras. Dispositivos deformables portátiles y fijos para señalización vial **parte 3.** NTC 6107-3: señalización vertical de calles y carreteras. dispositivos portátiles y fijos deformables para señalización vial **parte 5.** Hitos de vértice y cumplimiento de los requisitos del producto.	Normas técnicas colombianas
12	NTC 4140 accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios y espacios urbanos y rurales. Pasillos y corredores. Características generales.	Normas técnicas colombianas
13	NTC 4279 accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios. Espacios urbanos y rurales. Vías de circulación peatonales horizontales.	Normas técnicas colombianas
14	NTC 4774 accesibilidad de las personas al medio físico. Espacios urbanos y rurales. Cruces peatonales a nivel, elevados o puentes peatonales y pasos subterráneo.	Normas técnicas colombianas

Tabla 2 Manuales Técnicos

No.	Documento	Tipo de documento
1	MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA CARRETERAS, adoptado mediante Resolución No. 000744 del 4 de marzo de 2009.	Manual Técnico del INVÍAS.
2	MANUAL DE SEÑALIZACIÓN VIAL - DISPOSITIVOS UNIFORMES PARA LA REGULACIÓN DEL TRÁNSITO EN CALLES, CARRETERAS Y CICLORRUTAS DE COLOMBIA. Adoptado por Resolución 1885 de 2015.	Manual del Ministerio de Transporte.
3	METODOLOGÍAS DE TRABAJO PARA LA SEÑALIZACIÓN DE VELOCIDAD Y ZONAS DE ADELANTAMIENTO EN LA RED NACIONAL DE CARRETERA adoptado mediante Resolución No 001384 de abril 20 de 2010.	Manual del Ministerio de Transporte.

No.	Documento	Tipo de documento
4	Guía del MANUAL DE AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL PARA COLOMBIA. Actualización por la Dirección de Infraestructura y Vehículos de la Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2019 y 2020.	Manual del Ministerio de Transporte y Agencia Nacional de Seguridad Vial
5	GUIA DE CICLOINFRAESTRUCTURA PARA CIUDADES COLOMBIANAS, Ministerio de Transporte, 2016.	Guía del Ministerio de Transporte
6	ISO 39001 de SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL.	Norma Técnica

CAPÍTULO 4. AUDITORÍAS DE SEGURIDAD VIAL

Se deberán adelantar las correspondientes auditorías de seguridad vial (ASV) de conformidad con el alcance de los diseños según los lineamientos establecidos por la Agencia Nacional de Seguridad Vial - ANSV del Ministerio de Transporte.

Con estas auditorías se busca evaluar el cumplimiento del diseño con respecto a los criterios de seguridad vial para los diferentes tipos de usuarios. De igual forma se busca evaluar los parámetros de diseño, así como la funcionalidad y seguridad del corredor en sus diferentes elementos y aspectos.

Las auditorías deberán permitir identificar aspectos relevantes y garantizar que todos los grupos de usuarios viales estén adecuadamente considerados en esta etapa de concepción del proyecto y permitir el planteamiento de soluciones a los posibles puntos de conflicto o criterios de diseño inapropiados. Estas auditorias se deberán realizar para cada una de las alternativas de trazado propuestas.

CAPÍTULO 5. MEDIDAS O ALTERNATIVAS DE SEGURIDAD

Con base en los resultados de la caracterización de la accidentalidad y el tipo de usuarios viales, así como otras condiciones, se deberá establecer un índice que permita cuantificar el riesgo en función de la ocurrencia de conflictos en tráfico, a partir de la mediciones alternativas e indirectas de la seguridad vial de cada una de las alternativas de la vía nueva proyectada. La determinación de los índices para calificación de Seguridad Vial se deberá realizar para cada una de las alternativas de la vía a estudiar, que permita su posterior comparación y jerarquización.

Para la estimación de estos deberán utilizarse los manuales y/o normatividad de la Agencia Nacional de Seguridad Vial - ANSV, particularmente el Plan Nacional de Seguridad Vial vigente.

Con base en la evaluación de la Seguridad Vial y en los resultados de la auditoría de Seguridad Vial, el consultor deberá proponer soluciones en términos de infraestructura segura y su relación con los usuarios, y a su vez establecer actualizaciones para el desarrollo mejoras en la seguridad vial para tener en cuenta en las siguientes fases de diseño.

De igual forma se deberán presentar esquemas y protocolos con el objeto de disminuir los riesgos de accidentalidad vial y recomendaciones para las siguientes etapas del proyecto.

Se deberá presentar una valoración de las acciones preventivas a implementar en los corredores en materia de señalización y medidas de contención vial.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se deberán presentar las respectivas conclusiones relacionadas con la caracterización de la accidentalidad y la calificación del riesgo del sector de estudio, identificando las mejoras en las condiciones de diseño, así como las medidas o actuaciones particulares en términos de seguridad vial: Infraestructura y factor humano (usuarios viales).

De igual manera, se tendrán que realizar las conclusiones en materia de protocolos y medidas que mitiguen los riesgos en materia de seguridad vial, así como las recomendaciones respectivas para otros componentes de los estudios como diseño geométrico y tránsito.

Por otra parte, se deberán presentar las respectivas conclusiones y recomendaciones desde este componente para cada una de las alternativas objeto de estudio en esta etapa de factibilidad, así como aportar los criterios necesarios para el respectivo análisis multicriterio.

ANEXOS

Se presentará y organizará en medio digital toda la información secundaria que haya sido utilizada para el desarrollo del Estudio. Así mismo, se deberá clasificar para fácil consulta, tanto por parte del Interventor y/o del INVÍAS, como por cualquier otra persona que se encuentre interesada en acceder a dicha información.

2.5. VOLUMEN V. ESTUDIO DE GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA LOCAL

El Informe Final de los estudios de geología y geomorfología a nivel de Fase II deberá considerar como mínimo los siguientes capítulos:

CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA
CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN Y/O TOMA DE INFORMACIÓN
CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
ANEXOS

CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES

1.1 OBJETIVO

Alcanzar la información geológica, geomorfológica e hidrogeológica necesaria para determinar las características litológicas, estructurales, geomorfológicas, hidrogeológicas y condición de flujo del agua subterránea, del corredor geotécnico seleccionado en la Fase I con el modelamiento y análisis de los datos obtenidos a partir de fotointerpretación y geomática, correlacionado con el reconocimiento de campo que permita caracterizar las unidades geológicas, componentes geomorfológicos y unidades hidrogeológicas presentes.

1.2 ALCANCES

Durante la Fase II se continúa con la recolección de información primaria y secundaria que permita identificar problemas potenciales en el corredor geotécnico seleccionado para el desarrollo vial y la entrega de productos a escala 1:10.000 a 1:5.000.

Este análisis de la información se debe hacer en conjunto con los demás profesionales y con la mayor información disponible. Al término de la investigación preliminar se debe tener suficiente información del sitio para reconocer los principales problemas y ayudar a definir la factibilidad técnica del proyecto

Dentro del alcance de esta fase se encuentra:

- Realizar el informe del marco geológico - estructural del corredor geotécnico seleccionado durante la Fase I; para lo cual se utilizará fotointerpretación, geomática para procesamiento de imágenes y el modelo digital de elevación, sumado al uso de técnicas geofísicas, el uso de sensores remotos y la recolección de información en campo que permitan generar los mapas a una escala de detalle 1:10.000.
- Realizar el mapa geomorfológico donde delimiten componentes geomorfológicos; los cuales se consideran un insumo primordial para la homogeneización de las unidades con características de comportamiento geomecánico similar a escala 1:5000 a 1:10000 a nivel de bloque o miembro litológico.
- Efectuar el inventario de sitios críticos afectados por procesos erosivos y movimientos en masa a una escala 1:5.000 a partir de un reconocimiento de campo, de la fotointerpretación y la geomática.
- Realizar el estudio de factibilidad técnica de túneles desde las características geológicas que presenta la zona a escala 1:5000, debe contener información sobre los accesos y portales, con sus respectivas conclusiones y recomendaciones.
- Complementar la geología de detalle para las fuentes de materiales de construcción a escala 1:5000, que cumplan las normas de calidad, a menor costo y acorde con la viabilidad ambiental.

- Realizar un análisis preliminar de las amenazas geológicas considerado en el corredor, con presentación del correspondiente mapa de susceptibilidad a escala 1:10000. (informe y mapas).

La escala de trabajo para la cartografía general debe corresponder al rango entre 1:10.000 a 1:5.000 de acuerdo a lo plantado en el anexo de productos, que corresponde a una escala de

detalle, el consultor o la entidad, según su juicio, podrán entregar información con mayor detalle podrán hacerlo.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

Las etapas básicas generales para la generación de esta cartografía son la recopilación de información secundaria relacionada, la definición del marco geológico y estructural regional, la delimitación y caracterización de las unidades en campo, así como la elaboración de los mapas a partir de la cartografía básica, el modelo digital del terreno (MDT) y los sensores remotos.

Como primer paso se debe recopilar **información secundaria** que permita reconocer rasgos litológicos, geomorfológicos y estructurales para ser usados en el análisis regional.

Se debe realizar la **Fotointerpretación** de las imágenes a nivel regional, que contengan los trazados posibles a ser evaluados, se identifican componentes geomorfológicos, y con base en los sensores remotos disponibles en el área de estudio y/o a partir del modelo digital del terreno, definiéndose las alturas relativas (índice de relieve) y la pendiente del terreno, información importante para ir delimitando las áreas que presentan formas y características homogéneas.

Para el caso de los ponteaderos realizar fotointerpretación multitemporal de rasgos morfológicos del comportamiento dinámico del río o las quebradas en los sectores de interés, también es necesario indicar si la zona presenta procesos de erosión costera, si es el caso. Además, se identifican y delimitan los sitios críticos.

Verificación en campo de los rasgos geológico – estructurales observados en el proceso anterior, delimitación de zonas homogéneas y producción de mapas de orden regional. Se lleva a cabo mediante la determinación litológica en algunos afloramientos seleccionados, se corroboran y mapean los componentes geomorfológicos en cuanto a morfodinámica y morfometría.

Durante la etapa de campo se debe verificar y delimitar los **sitios críticos** definidos durante la fotointerpretación para establecer aquellos que afectan la zona de estudio. Consolidando el catálogo histórico y un registro de los actuales movimientos mediante información levantada en campo y con el uso de imágenes de sensores remotos de resolución adecuada a una escala estimada en 1:5.000.

Elaboración de los mapas a partir de la cartografía básica, el modelo digital de elevación, los sensores remotos y los recorridos de campo.

Finalmente, se prepara una **síntesis de los resultados o informe geológico** con los documentos de trabajo, cartográficos y fotográficos interpretados.

2.1 SOFTWARE Y PROGRAMAS DE COMPUTADOR

Deberá implementarse la metodología BIM, *Building Information Modeling,* que es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, la cual permite detectar y subsanar en tiempo real posibles inconsistencias, interferencias, y conflictos entre especialidades. El Consultor deberá implementar BIM, realizando la modelación en un software BIM definido por el mismo en el Plan de Ejecución BIM (BEP), y gestionar dicha información en un Entorno Común de Datos (CDE) que facilite la comunicación entre las partes durante el desarrollo del proyecto y donde puedan consignarse documentos como las actas de reunión, actas técnicas, y demás documentos requeridos para la correcta ejecución del contrato.

CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN Y/O TOMA DE INFORMACIÓN

Para elaborar el Volumen de geología y geomorfología para ingeniería de detalle en la Fase II que consta de memoria y mapas se requiere que el consultor ejecute.

Insumos requeridos para la elaboración del estudio

Imágenes de Landsat de las últimas versiones 6-7-8.
Imágenes SPOT últimas versiones 5-6.
Imágenes gratuitas de alta resolución de la Plataforma EROS.
Fotografías aéreas.
Exploración de campo.
Exploración del subsuelo.
Información geofísica 2D o 3D. Técnicas como Crosshole Masw, Tomografías eléctricas.

3.1 RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

Incluye información del Servicio Geológico Colombiano (SGC), el IDEAM, IGAC, INVEMAR, Corporaciones Autónomas, Universidades, Municipios, entre otras entidades, que permita alimentar con datos un análisis de orden regional.

3.2 FOTOINTERPRETACIÓN Y TRATAMIENTO DE IMÁGENES DE SATÉLITES:

El uso de esta herramienta permite la selección de alternativas y estudios para trazados viales y la localización de materiales de construcción. Esta etapa inicial es importante porque permite identificar las zonas de interés que luego deberán ser corroboradas en campo.

Se debe realizar el procesamiento de las imágenes satelitales que posibilite efectuar operaciones de procesado sobre ellas, para optimizarlas y enfatizar cierta información o conseguir un efecto especial.
A partir de esta etapa se debe generar un mapa fotogeológico con el corredor geológico definido con sus unidades litológicas, estructuras y sitios críticos. Se deben consultar las mayores fuentes de información posibles como el IGAC para obtener imágenes actualizadas y multitemporales.

3.3 ESTUDIO DEL CORREDOR GEOTÉCNICO

En esta fase el geólogo determinará el área de estudio que debe ser incluida en el corredor geotécnico (no se debe realizar un buffer), de acuerdo con su geomorfología, pendientes, tipo de roca o suelo, entre otros.

El Corredor geotécnico como lo promueve el INVÍAS corresponde a ¨la unidad de análisis del Riesgo de su infraestructura de transporte, y en este sentido, la coordinación interinstitucional con el territorio y las autoridades municipales, departamentales y regionales cobran una importante dimensión. Se parte de los instrumentos de planificación, sistemas de información y mecanismos de financiación con los que cuenta el territorio para contribuir de acuerdo con las competencias propias del Sector en la planificación, construcción y operación de una infraestructura de transporte en armonía con el territorio a través de la inclusión de los procesos de Gestión del Riesgo de manera gradual acorde a la política pública¨ (INVÍAS, 2020).

El mapa geológico a escala 1: 10.000 se realizará a partir de los datos recolectados a nivel de afloramiento, sobre mapas topográficos con estaciones geológicas, contactos entre unidades litológicas, estructuras principales como fallas, pliegues, orientación de diaclasas, meteorización, escarpes de deslizamiento, grietas, áreas de reptación, localización de fuentes de agua o manantiales y demás características. La localización de las estaciones geológicas se determinará con base en el levantamiento topográfico detallado y a las zonas de interés definidas mediante la fotointerpretación.

Se requiere apiques y trincheras, algunos sondeos eléctricos verticales, líneas sísmicas de refracción, sondeos con georradar, y perforaciones corazonadas, para investigar en detalle el subsuelo en algunos lugares, hasta la profundidad que garantice estabilidad y suficiencia.

Se harán las descripciones geológicas detalladas de los afloramientos, apiques, trincheras y corazones de suelo y roca. Los cortes geológicos necesarios, longitudinales y transversales al alineamiento, a escala 1: 5.000, integrarán toda la información del subsuelo obtenida con los estudios geofísicos y las perforaciones.

Durante esta fase se realizará la recolección de datos de campo partiendo de la fotointerpretación y el análisis de imágenes. Los datos de campo se recolectarán de forma ordenada y organizada de forma que permita un adecuado análisis de la información sobre la condición estratigráfica, rasgos estructurales, ubicación, condiciones geomecánicas y se deberán georreferenciar en el origen nacional en cumplimiento de la Resolución 471 de 2020 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi por ser el que establece un sistema de proyección cartográfico de único origen para Colombia.

Posteriormente, se prepararán mapas geológicos, geomorfológicos, con las unidades homogéneas a escala 1: 10.000, y mapas con la localización de las estaciones, se presentarán columnas estratigráficas a partir de la información de los afloramientos y de la exploración del subsuelo.

3.4 ESTUDIO DE LOS PONTEADEROS

Para el estudio de los ponteaderos se debe contar con los mapas de la geología y geomorfología regional, preparados con base en fotogeología, el análisis de las imágenes de satélite y control de campo. A partir de la información recolectada en la Fase I se busca reunir información acerca de la evolución del río o quebrada y sus actuales tendencias de dinámica fluvial, de ser necesario durante la Fase II se puede complementar y ajustar con nueva información de sensores remotos que permitan ampliar el rango de análisis multitemporal.

Se realizarán las descripciones geológicas detalladas de los afloramientos, apiques, trincheras, corazones de suelo y roca de las perforaciones. Para ampliar la investigación del subsuelo se pueden realizar sondeos eléctricos verticales, tomografía eléctrica, líneas sísmicas de refracción, sondeos con georradar y perforaciones corazonadas.

El informe y mapa geológico se preparará a nivel de afloramiento a una escala 1:5000, con la localización de estaciones apoyado en el levantamiento topográfico, que contenga unidades litológicas, elementos estructurales (tanto antiguos como recientes antiguos y recientes relacionadas con plegamiento, discordancias y fallas), orientación de diaclasas, meteorización, escarpes de deslizamiento, grietas, áreas de reptación, manantiales y demás características.

La resistencia de suelos se determinará mediante pruebas in situ y ensayos de laboratorio; en el caso de las rocas se determinará siguiendo la caracterización geomecánica de macizos rocosos utilizando diferentes métodos como el propuesto por Bieniaswski, (RMR), Romana (SMR), Hoek Brown (GSI) o el de Barton (Q), se recomienda el uso de los formatos de recolección de información de caracterización del macizo rocoso del Servicio Geológico Colombiano de 2016.

Las estaciones de campo deberán ser georreferenciados en el origen nacional en cumplimiento de la Resolución 471 de 2020 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi por el que se establece un sistema de proyección cartográfico con un único origen para Colombia.

Posteriormente, se realiza un mapa de geología para ingeniería a partir de las unidades de geología para ingeniería (UGI), que definirá la homogenización de los terrenos que implican el área de estudio. Este tipo de mapa geológico muestra información sobre la distribución y propiedades físicas y mecánicas de las rocas y los suelos, el agua subterránea, las características del relieve y los procesos geodinámicos actuales, que son considerados los componentes básicos del ambiente geológico, de suma importancia en estudios de geología aplicada a la ingeniería

Caracterización de materiales

Con las muestras representativas se deberán realizar todos los ensayos de laboratorio contemplados en las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y los procedimientos de las Normas de Ensayos de Materiales para Carreteras del INVÍAS vigentes a la fecha de los diseños. Para las pruebas no contempladas en las anteriores normas, se aplicarán los estándares de ICONTEC y ASTM, en este mismo orden.

Examen de los Sitios de Puentes y Alcantarillas

El geólogo de ingeniería hará el estudio geológico a escala 1: 5.000 de los sitios de puentes, corrientes y alcantarillas importantes previstas. El mapa geológico se preparará a nivel de afloramiento, con estaciones geológicas, contactos entre unidades litológicas, posición estructural, orientación de diaclasas, meteorización, escarpes de deslizamiento, grietas, áreas de reptación, manantiales y demás características geológicas. La localización de las estaciones geológicas se determinará con base en el levantamiento topográfico detallado realizado. La resistencia de los suelos y rocas se determinará con el Índice de Resistencia

Se excavarán los apiques y trincheras necesarias para describir los suelos y la meteorización de las rocas. Si se requiere, se harán algunos sondeos eléctricos verticales, líneas sísmicas de refracción, sondeos con georadar y perforaciones corazonadas, para investigar en detalle el subsuelo en algunos lugares.

Se harán las descripciones geológicas detalladas de los afloramientos, apiques, trincheras y corazones de suelo y roca de las perforaciones. Los cortes geológicos verticales, a escala 1:5.000 integrarán toda la información del subsuelo obtenida con los estudios geofísicos y las perforaciones.

3.5 ESTUDIO DE PUNTOS CRÍTICOS Y ZONAS INESTABLES

En esta etapa se recolectará información del Sistema de Información de Movimientos en Masa SIMMA del Servicio Geológico Colombiano. El geólogo efectuará la fotointerpretación, procesamiento de imágenes y a partir de allí realizará la selección de algunos sitios de interés para hacer el levantamiento de información a escala 1:5.000 del corredor geotécnico, se utilizarán o modificarán los indicados para movimientos en masa por el Servicio Geológico Colombiano en su Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo del año 2016; y la Guía Metodológica para la evaluación del riesgo físico por movimientos en masa en la infraestructura vial - Convenio Interadministrativo 003/2018 del Servicio Geológico colombiano y el Instituto Nacional de Vías del 2018.

Se realizarán las descripciones geológicas detalladas de los afloramientos, apiques, trincheras, corazones de suelo y roca de las perforaciones. Para ampliar la investigación del subsuelo se pueden realizar sondeos eléctricos verticales, tomografía eléctrica, líneas sísmicas de refracción, sondeos con georadar y perforaciones corazonadas.

El informe y mapa geológico se preparará a nivel de afloramiento con la localización de estaciones apoyado en el levantamiento topográfico, que contenga unidades litológicas, elementos estructurales (tanto antiguos como recientes antiguos y recientes relacionadas con plegamiento, discordancias y fallas), orientación de diaclasas, meteorización, escarpes de deslizamiento, grietas, áreas de reptación, manantiales y demás características.

Se hará un inventario de movimientos en masa en el corredor (activo e inactivo). Así mismo, se realizará a la escala indicada un mapa con los elementos geomorfológicos en la zona directa de afectación, como un insumo fundamental para la siguiente fase de estudios, en la cual se llevará a cabo el diseño de la solución requerida.

Luego se determinarán las unidades geológicas para ingeniería (mapas de UGI o zonas homogéneas), siguiendo la metodología que propone el Servicio Geológico colombiano en la Guía metodológica de 2016, junto con sus publicaciones, versiones y actualizaciones respecto al tema. También se recomienda el uso de la Guía Metodológica para la evaluación del riesgo físico por movimientos en masa en la infraestructura vial - Convenio Interadministrativo 003/2018 del Servicio Geológico colombiano y el Instituto Nacional de Vías del 2018.

De este proceso se realizará un informe y los mapas correspondientes a sitios inestables o críticos que alimentará el Volumen de geología.

Caracterización de materiales

Con las muestras representativas se deberán realizar todos los ensayos de laboratorio contemplados en las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y los procedimientos de las Normas de Ensayos de Materiales para Carreteras del INVÍAS vigentes a la fecha de los diseños. Para las pruebas no contempladas en las anteriores normas, se aplicarán los estándares de ICONTEC y ASTM, en este mismo orden.

3.6 ESTUDIO GEOLÓGICO DE DETALLE PARA TÚNELES

Con respecto a la geología de Túneles en la fase II se incluyen los aspectos referentes a perfeccionar los estudios y diseños del corredor seleccionado para la obra, con el fin de definir su factibilidad técnica. A continuación se enuncian algunas de las actividades que se deberán desarrollar:

La evaluación geológica del túnel debe considerar la información previa de otros estudios, la fotointerpretación de fotografías aéreas, la realización de una campaña geológica preliminar, que deberá incluir el mapeo a escala 1:5.000, con visita a los sitios más relevantes identificados en la fotointerpretación, las zonas de portales y bocas de pozo o ventanas de construcción, zonas de disposición de sobrantes.

Con base en un levantamiento geológico e hidrogeológico, se deberá elaborar y desarrollar una campaña geotécnica preliminar que servirá para corroborar un modelo geológico e hidrogeológico y un modelo geotécnico preliminar que incluya perforaciones, ensayos in situ y laboratorio, así como investigaciones geofísicas como líneas sísmicas, sondeos eléctricos verticales, entre otros.

En esta etapa se deberá desarrollar un modelo de la estructura geológica del terreno (patrones de afloramiento, fallas, diaclasas, discordancias, estructuras tectónicas, entre otros), una caracterización del macizo rocoso, una estimación del comportamiento de los diferentes tipos de terreno, una distribución geotécnica preliminar, una estimación del comportamiento de la interacción soporte – terreno y un análisis de riesgo geotécnico asociado al método de construcción. Para la elaboración de este modelo se debe trabajar de la mano con los especialistas en Geología, Hidrogeología y geotecnia.

Por último, se realiza el análisis de la información y se genera el informe geológico para túneles, mapas y secciones con la información requerida sobre los tramos de los túneles.

3.7 ESTUDIO GEOLÓGICO DE FUENTES DE MATERIALES

Los estudios relacionados en este capítulo hacen referencia a la condición morfológica actual, en operación y futura del yacimiento o depósito, localización, selección, y cubicación de fuentes potenciales de materiales para la construcción de la estructura del pavimento, concretos estructurales, terraplenes, pedraplenes y otros usos, y al acopio de información necesaria para obtener los permisos de explotación ante las autoridades competentes, teniendo en cuenta los criterios y requisitos establecidos en el componente ambiental del estudio para esta fase.

Se harán mapas geológicos a escala 1:5.000 de cada fuente potencial de materiales de construcción apoyado en la información topográfica. El mapa geológico se preparará a nivel de afloramiento, con estaciones geológicas, contactos entre unidades litoestratigráficas, posición estructural, orientación de diaclasas, meteorización, y resistencia de los suelos y rocas.

La resistencia de suelos y se determinará siguiendo la caracterización geomecánica de macizos rocosos utilizando diferentes métodos como mediante pruebas in situ y ensayos de laboratorio; en el caso de las rocas se determinará mediante diversos métodos como el RMR propuesto por Bieniaswski, (RMR), Romana (SMR), Hoek Brown (GSI) o el de Bartón (Q), se recomienda el uso de los formatos de recolección de información de caracterización del macizo rocoso del Servicio Geológico Colombiano de 2016, junto con sus publicaciones, versiones y actualizaciones respecto al tema.

Las estaciones de campo deberán ser georreferenciados en el origen nacional en cumplimiento de la Resolución 471 de 2020 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi por el que se establece un sistema de proyección cartográfico con un único origen para Colombia.

Se deberán realizar las excavaciones necesarias por medio de apiques, trincheras y perforaciones corazonadas para determinar los espesores disponibles de materiales y obtener las muestras representativas. Se prepararán columnas estratigráficas de las diversas unidades. Se harán cortes geológicos verticales. Se harán las descripciones detalladas de los afloramientos, apiques, trincheras y corazones de suelo y roca de las perforaciones.

El informe y mapa geológico se preparará a nivel de afloramiento con la localización de estaciones apoyado en el levantamiento topográfico, que contenga unidades litológicas, elementos estructurales (tanto antiguos como recientes antiguos, relacionados con plegamiento, discordancias y fallas), orientación y familias de diaclasas, meteorización, escarpes de deslizamiento, grietas, áreas de reptación, manantiales y demás características incluyendo perfiles y columnas estratigráficas.

Cálculo de recursos y reservas

Se denomina recurso de materiales de construcción a una cantidad de roca o de arena o grava natural que pueda ser empleada en la construcción de la estructura del pavimento, concreto estructural, terraplenes y pedraplenes, para obras de ingeniería. Se entienden por reservas la porción de los recursos identificados que pueden ser explotables económica y legalmente.

Las reservas se clasifican de acuerdo con el grado de certeza geológica sobre su existencia, en reservas posibles, reservas probables y reservas probadas.

Las reservas posibles o inferidas son aquellas cuyas estimaciones cuantitativas se basan principalmente en conocimientos amplios sobre el carácter geológico del cuerpo de material, para lo cual hay pocas nuestras o mediciones, si es que las hay. Las estimaciones se basan en una continuidad o repetición hipotética de algunas evidencias geológicas como comparaciones con depósitos o yacimientos de tipo similar.

Las reservas probables o indicadas son aquellas cuyos tonelajes se calculan en parte por medio de mediciones, y en parte con base en proyecciones a distancias razonables según los indicios geológicos. En este caso, los sitios disponibles para inspección, medición y toma de muestras están demasiado espaciados o son inadecuados para poder delimitar plenamente los cuerpos de materiales pétreos. Las reservas probadas o medidas son aquellas cuyo tonelaje se ha calculado utilizando las dimensiones que se aprecian en afloramientos, trincheras, labores mineras y perforaciones. Los lugares de inspección, muestreo y medición se espacian con tal proximidad que el carácter geológico del cuerpo se define con exactitud.

En esta fase se calcularán los volúmenes de recursos y reservas de materiales, se elaborará el mapa geológico a escala 1:5000 y cortes geológicos verticales en serie; se estimará una clasificación preliminar de los materiales para construcción de la estructura del pavimento, concretos estructurales, terraplenes, pedraplenes y otros usos.

3.8 ESTUDIO DE LAS ZONAS DE DISPOSICIÓN DE SOBRANTES

El geólogo hará el estudio a una escala 1:5.000 de cada zona de disposición de sobrantes, valorando cada uno de los criterios de selección, dentro de los cuales se encuentran: la utilización de recursos existentes, la afectación de recursos naturales, la distancia al sitio del proyecto, la cantidad y calidad de materiales disponibles.

Para tal efecto, será necesario adelantar visitas a los sitios identificados en la fotointerpretación como zonas de disposición de sobrantes y presentar un plano semidetallado con las pendientes, la red local hídrica de precisión, su distancia al proyecto y la estimación preliminar del volumen de cada una de ellas.

3.9 ESTUDIO DE LAS AMENAZAS GEOLÓGICAS DEL CORREDOR GEOTÉCNICO

Durante esta fase se recolectará información secundaria de los estudios desarrollados por entidades competentes para el tema como el Servicio Geológico Colombiano (SGC), El IDEAM, la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo (UNGRD), las Corporaciones Autónomas, Municipios, Universidades, entre otras; sobre la posible ubicación y severidad de fenómenos naturales como inundaciones, incendios, sismicidad, movimientos en masa y sobre su probabilidad de ocurrencia dentro de un período específico de tiempo y un área determinada a escala 1:10000.

Estos estudios se basan en gran medida, en información científica ya existente incluyendo mapas geológicos, geomorfológicos y mapas de suelos, datos climáticos e hidrológicos, y mapas topográficos, fotografías aéreas e imágenes de satélite.

Para el caso de la amenaza por los movimientos en masa se alimentará con la información con los puntos o sitios críticos evaluados anteriormente y se generarán los mapas correspondientes siguiendo la metodología que propone el Servicio Geológico colombiano en la Guía metodológica de 2016, junto con sus publicaciones, versiones y actualizaciones respecto al tema.

La información que se obtenga de esta etapa deberá ser incluida en el Volumen Geología y servirá como insumo a los capítulos de Riesgos, Sostenibilidad, la estimación de costos y evaluación económica del proyecto.

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Consultor deberá formular conclusiones que se relacionen con los objetivos enunciados, la base teórica y el diagnóstico. En este apartado se busca sintetizar brevemente los puntos más relevantes:

- Conocer las condiciones geológicas estructurales del corredor geotécnico, definir la información extraída del modelo digital y del procesamiento de las imágenes.
- Delimitar los componentes geomorfológicos usados para la homogenización de las unidades.
- Caracterizar las fuentes de materiales de construcción y zonas de disposición de sobrantes.
- Ser un insumo fundamental para la actuación de otros especialistas indispensables en los estudios y diseños requeridos para un proyecto vial.
- Se deberán entregar dejar explícitamente las recomendaciones durante la siguiente fase de estudio.

Así como las recomendaciones correspondientes a los aspectos tratados y aquellas que deban ser tenidas en consideración durante la siguiente fase de estudio.

ANEXOS

Se deberá organizar en medio digital toda la información producida y referenciar la información secundaria que se haya utilizado. De igual manera, se deberá clasificar para fácil consulta, tanto por parte del Interventor y/o del INVÍAS, como por cualquier otra persona que se encuentre interesada en acceder a dicha información.

El consultor deberá elaborar los planos a la escala indicada e informes requeridos para el proyecto, considerando como mínimo los siguientes:

APARTADO	FASE II
GEOLOGÍA GENERAL	1 : 10000
GEOMORFOLOGÍA GENERAL	1 : 10000
UNIDADES DE GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA	1 : 10000
TÚNELES	1 : 5000
PONTEADEROS	1 : 5000
SITIOS CRITICOS Y ZONAS INESTABLES	1 : 5000
FUENTE DE MATERIALES	1 : 5000
ZONAS DE DISPOSICION DE SOBRANTES	1 : 5000
CORTES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS	1 : 5000
ESTUDIO DE AMENAZA	1 : 10000

- Informe Geológico para Ingeniería.
- Mapa fotogeológico regional del área de estudio a escala 1:10000.
- Mapa geológico general a escala 1:10000 del corredor geotécnico.
- Mapa geomorfológico general a escala 1:10.000 del corredor geotécnico.
- Mapa de estaciones de campo a escala 1:5000.
- Mapa de localización de Apiques y Trincheras, Perforaciones, Sondeos Eléctricos, Líneas Sísmicas de Refracción y Sondeos de Georadar realizados para la investigación del corredor a nivel general.
- Corte geológico a escala 1:5000.
- Perfiles geológicos, columna estratigráfica general y a nivel de afloramiento.
- Registro de Apiques y Trincheras realizado para la investigación del corredor a nivel general.
- Registro de Sondeos Eléctricos, Líneas Sísmicas de Refracción y Sondeos de Georadar realizados para la investigación del corredor a nivel general.
- Registro de Perforaciones realizado para la investigación del corredor a nivel general.
- Mapa Geotécnico de Unidades geológicas para ingeniería (Unidades Homogéneas de terreno) del corredor geotécnico a escala 1:5000.
- Mapa de localización, Registro de Apiques y Trincheras para ponteaderos a escala 1:5000.
- Mapa de geológico con la ubicación de los sitios de puentes, corrientes y alcantarillas importantes previstas a escala 1:5000.
- Mapa de localización y Registro de Sondeos Eléctricos Verticales, Líneas Sísmicas de Refracción y Sondeos de Georadar, para ponteaderos a escala 1:5000.
- Mapa de localización y Registro de Perforaciones para ponteaderos a escala 1:5000.

- Mapa de localización y Registro de Apiques y Trincheras para túneles.
- Mapa de localización y Registro de Sondeos Eléctricos Verticales, Líneas Sísmicas de Refracción y Sondeos de Georadar para túneles.
- Mapa de localización y Registro de Perforaciones para túneles a escala 1:5000.
- Mapa de los puntos críticos y zonas inestables a escala 1:5000.
- Mapa de Fuentes de Materiales y zonas de disposición de sobrantes de cada Alineamiento a escala 1:5000.
- Mapa de amenazas geológicas del corredor a escala 1:10000.
- Y demás documentos adicionales requeridos por el INVÍAS para el Volumen Estudio geológico

2.6. VOLUMEN VI. ESTUDIO DE HIDROGEOLOGÍA LOCAL

El informe final sobre el estudio de hidrogeología local, deberá contener los siguientes capítulos:

CAPITULO 1 OBJETIVO Y ALCANCES.
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA
CAPÍTULO 3. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE HIDROGEOLOGÍA
CAPITULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.
ANEXOS

CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES

1.1 OBJETIVO

Concretar la información hidrogeológica necesaria para determinar el Modelo Hidrogeológico Conceptual (MHC) y la elaboración del mapa hidrogeológico escalado a semi detalle del corredor geotécnico seleccionado en la Fase I, a partir del análisis de los datos obtenidos en la interpretación de fotografías aéreas y de imágenes de satélite, seguido de los trabajos de campo, que permitan caracterizar las unidades hidrogeológicas presentes y las condiciones de flujo del agua subterránea.

1.2 ALCANCES

Durante la Fase II se continúa con la recolección de información primaria y secundaria que permita, consolidar el Modelo Hidrogeológico Conceptual (MHC) escalado a semi detalle, identificando problemas potenciales por la presencia de agua subterránea en el subsuelo del corredor geotécnico seleccionado para el desarrollo vial, caracterización hidrogeológica de las zonas de recarga, transporte y descarga.

Este análisis de la información se debe hacer en conjunto con los profesionales que elaboran la geología, geomorfología, hidrología, geotecnia, diseño de pavimentos. Al término de la investigación se debe tener suficiente información del corredor para reconocer los principales problemas y ayudar a definir la factibilidad técnica del proyecto.

Dentro del alcance de esta fase se encuentra:

- Realizar el informe del marco hidrogeológico del corredor geotécnico seleccionado, basado en los resultados de los estudios de Fase I; para lo cual se utilizará fotointerpretación y cartografía a escala 1:10.000, sumado al uso de técnicas geofísicas.

- Efectuar el inventario de puntos de agua subterránea en formularios FUNIAS, a partir de recorridos de campo.

- Consolidar el Modelo Hidrogeológico Conceptual (MHC) y elaboración del mapa hidrogeológico escalado a semi detalle.

- Realizar el estudio de factibilidad técnica de túneles, acorde con los requisitos establecidos por INVÍAS, en la normatividad vigente aplicable y/o Manual de Túneles vigente.

- Realizar un análisis de la influencia del agua subterránea en las amenazas geológicas y geotécnicas consideradas en el corredor, así como las obras de drenaje necesarias.

La escala de trabajo para la cartografía hidrogeológica es 1:10.000 - 1:5000, si el consultor o la entidad pueden entregar información con mayor detalle podrán hacerlo.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

Las etapas básicas generales para la generación de ~~la~~ cartografía hidrogeológica son: recopilación de información primaria y secundaria, definición del marco geológico, estructural y geomorfológico regional y local, delimitación y caracterización de unidades hidrogeológicas en campo.

Como primer paso se debe recopilar información secundaria, incluyendo los estudios geológicos y geomorfológicos, previos, realizados para el proyecto, así como la interpretación de fotografías aéreas e imágenes satelitales.

Verificación en campo de las características hidrogeológicas definidas con la recopilación de información, delimitación de unidades hidrogeológicas y generación de mapas hidrogeológicos.

Durante la etapa de campo se debe inventariar los puntos de agua subterránea para establecer aquellos que podrían afectar el trazado definido. Se propone utilizar los formatos FUNIAS.

Elaboración de los mapas hidrogeológicos a partir de los mapas geológicos, geomorfológicos, inventarios de puntos de aguas y recorridos de campo.

Finalmente se prepara una **síntesis de los resultados o informe hidrogeológico** donde se consolida toda la información obtenida.

2.1 SOFTWARE Y PROGRAMAS DE COMPUTADOR

Deberá implementarse la metodología BIM, *Building Information Modeling,* que es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, la cual permite detectar y subsanar en tiempo real posibles inconsistencias, interferencias, y conflictos entre especialidades. El Consultor deberá implementar BIM, realizando la modelación en un software BIM definido por el mismo en el Plan de Ejecución BIM (BEP), y gestionar dicha información en un Entorno Común de Datos (CDE) que facilite la comunicación entre las partes durante el desarrollo del proyecto y donde puedan consignarse documentos como las actas de reunión, actas técnicas, y demás documentos requeridos para la correcta ejecución del contrato.

CAPÍTULO 3. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE HIDROGEOLOGÍA

Para elaborar la información hidrogeológica se debe contemplar el Volumen Geología y Geomorfología semi detalle en la Fase II, que consta de memoria y mapas, y se requiere que el consultor realice:

3.1 RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

Incluye información del Servicio Geológico Colombiano (SGC), el IDEAM, IGAC, ANLA, INVEMAR, INVÍAS, ANI, Corporaciones Autónomas Regionales, municipios y universidades, entre otras entidades, que permita alimentar con datos un análisis de orden regional.

Incluye la información geológica y geomorfológica generada para este proyecto, con la interpretación de fotografías aéreas e imágenes satelitales.

3.2 FOTOINTERPRETACIÓN Y TRATAMIENTO DE IMÁGENES DE SATÉLITE (GEOMÁTICA)

A partir del mapa fotogeológico del corredor geotécnico definido, se definirán las corrientes hídricas y cuerpos de agua. Se deben consultar las fuentes oficiales de información (IGAC) y otros proveedores para obtener imágenes actualizadas a semi detalle y realizar análisis multitemporales.

3.3 ESTUDIO DEL CORREDOR GEOTÉCNICO

En esta fase se consolidará el Modelo Hidrogeológico Conceptual (MHC) y elaboración del mapa hidrogeológico escalado a semi detalle del corredor geotécnico (no se debe realizar un buffer arbitrario), de acuerdo con las unidades hidrogeológicas definidas, la topografía, corrientes superficiales y surgencias.

El Corredor geotécnico, como lo promueve el INVÍAS, corresponde a ¨la unidad de análisis del riesgo de su infraestructura de transporte, y en este sentido, la coordinación interinstitucional con el territorio y las autoridades municipales, departamentales y regionales cobran una importante dimensión. Se parte de los instrumentos de planificación, sistemas de información y mecanismos de financiación con los que cuenta el territorio para contribuir de acuerdo con las competencias propias del Sector en la planificación, construcción y operación de una infraestructura de transporte en armonía con el territorio a través de la inclusión de los procesos de Gestión del Riesgo de manera gradual acorde a la política pública¨ (INVÍAS).

Se genera el mapa hidrogeológico a escala 1: 10.000 – 1:5.000 a nivel de bloque o miembro litológico, a partir de los datos recolectados en campo, incluyendo las unidades hidrogeológicas, puntos de agua subterránea, red de flujo subterránea (dirección y líneas equipotenciales), direcciones de flujo del agua subterránea.

En caso de ser necesaria la investigación en detalle del subsuelo en algunos lugares~~,~~ se deben hacer: apiques y trincheras, sondeos eléctricos verticales (SEV), tomografías eléctricas, líneas sísmicas de refracción, sondeos con georadar, y perforaciones, entre otros para instalar piezómetros que midan profundidad del nivel freático, pruebas de permeabilidad y toma de muestras de agua subterránea para análisis en laboratorio.

Las estaciones de campo deberán ser georreferenciadas en el origen nacional en cumplimiento de la Resolución 471 de 2020 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), por el que se establece un sistema de proyección cartográfico con un único origen para Colombia.

3.4 ESTUDIO DE PUNTOS CRÍTICOS Y ZONAS INESTABLES

A partir del informe y mapa geológico y geomorfológico detallados para los sitios con movimientos en masa en el corredor (activos e inactivos) y zonas clasificadas con amenaza (FRM, inundación y avenida torrencial) alta y/o riesgo geológico alto, se realizará el análisis de la influencia del agua subterránea en dichos procesos, dependiendo de la caracterización y condición hidrogeológica del lugar. Se deben plantear las medidas para manejo de las aguas subterráneas, incluyendo drenes, filtros, pozos, zanjas, etc.

De este proceso se realizará un informe y los mapas correspondientes a sitios inestables o críticos que alimentará el Volumen de geología y geotecnia.

3.5 ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE DETALLE PARA TÚNELES

Se realizará un estudio hidrogeológico detallado, el cual deberá cumplir con los requisitos establecidos por INVÍAS, en la normatividad vigente aplicable y/o Manual de Túneles vigente.

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Consultor presentará conclusiones que se pueden extraer del tratamiento de datos obtenidos durante el desarrollo del trabajo sobre el corredor geotécnico que se haya evaluado, y las recomendaciones para las siguientes fases de los estudios de hidrogeología que incluyen un mayor detalle.

En las conclusiones se debe conocer el estado de la información de la Fase II para el corredor seleccionado y se debe plantear de forma clara y concisa los resultados de toda la investigación hidrogeológica adelantada en el corredor. El estudio deberá suministrar resultados y recomendaciones que permitan como mínimo:

- Consolidar el Modelo Hidrogeológico Conceptual (MHC) y elaboración del mapa hidrogeológico escalado a semi detalle para la alternativa recomendada en la Fase I, incluyendo la definición y clasificación de las unidades hidrogeológicas, los tipos de acuíferos, direcciones de flujo y la definición de las zonas de recarga, tránsito y descarga.

- Con el inventario de los puntos de aguas subterráneas (manantiales, pozos profundos y aljibes) encontrados en campo, definir zonas de restricción técnico-ambiental y eventuales realineamientos.

- En los puntos críticos y zonas inestables, concluir sobre la eventual influencia del agua subterránea.

- Ser un insumo fundamental para la actuación de otros especialistas indispensables en los estudios y diseños requeridos para un proyecto vial.

Además, se deben dejar explícitamente consignadas las recomendaciones a tener en consideración durante la siguiente fase de estudios.

ANEXOS

Se deberá organizar en medio digital toda la información producida y referenciar la información secundaria que se haya utilizado. De igual manera, se deberá clasificar para fácil consulta, tanto por parte del Interventor y/o del INVÍAS, como por cualquier otra persona que se encuentre interesada en acceder a dicha información.

El consultor deberá elaborar los planos a la escala indicada e informes requeridos para el proyecto, considerando como mínimo los siguientes:

- Informe hidrogeológico para ingeniería semi detalle.
- Mapa hidrogeológico a escala 1:10.000 - 1:5.000 de los corredores geotécnicos posibles, incluyendo los puntos de agua subterránea, presentando la red de flujo subterráneo con las direcciones de flujo del agua subterránea y las líneas equipotenciales.
- Consolidación el Modelo Hidrogeológico Conceptual (MHC) y elaboración del mapa hidrogeológico escalado a semi detalle 1:10.000 - 1:5.000.

- Mapa a escala 1:10.000 - 1:5.000 de localización de apiques y trincheras, perforaciones, piezómetros Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), Tomografías Eléctrica, Líneas Sísmicas de Refracción y Sondeos de Georadar, entre otros, realizados para la investigación del corredor a nivel general.
- Registro de perforaciones y piezómetros realizados.
- Mapa a escala 1:10.000 - 1:5.000 de localización y registro de Perforaciones, Apiques y Trincheras, así como Líneas Sísmicas de Refracción, Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) y Sondeos de Georadar, entre otros, para túneles.
- Registro de Sondeos Eléctricos, Líneas Sísmicas de Refracción y Sondeos de Georadar, tomografías, entre otros, realizados para la investigación del corredor a nivel general y túneles.

2.7. VOLUMEN VII. ESTUDIO DE ESTABILIDAD Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES, TERRAPLENES, PUNTOS CRÍTICOS ZONAS DE DISPOSICIÓN DE MATERIALES EXCAVACIÓN Y SOBRANTES (ZODMES) Y FUENTES DE MATERIALES

El informe final deberá contener como mínimo los siguientes capítulos:

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES.
CAPITULO 2. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO.
CAPITULO 3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.
CAPITULO 4. TRABAJOS DE CAMPO
CAPITULO 5. ANALISIS GEOTÉCNICO.
CAPITULO 6. RECOMENDACIONES Y OBRAS REQUERIDAS PARA LOS TALUDES DE CORTE, TERRAPLENES, ZONAS DE DISPOSICIÓN DE SOBRANTES Y PUNTOS CRÍTICOS.
CAPÍTULO 7. FUENTES DE MATERIALES.
CAPITULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.
ANEXOS DEL VOLUMEN.

CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES

1.1 OBJETIVO

Realizar los prediseños de los taludes de corte y terraplenes, puntos críticos y las zonas de disposición de sobrantes (ZODMES), junto con sus obras de estabilización y mejora identificados en el corredor seleccionado. Además, identificación de amenazas y definición del riesgo y definir las condiciones geotécnicas para las fuentes de materiales. Para lograr este objetivo se requiere realizar recopilación de información existente, visita técnica al sitio, exploración de subsuelo (directa e indirecta), ensayos de laboratorio, análisis de estabilidad y generar zonas homogéneas geotécnicas para el proyecto. Delimitar el corredor geotécnico seleccionado en la Fase I a partir de la información primaria tomada en la Fase II.

1.2 ALCANCES

Con base a los resultados del estudio de geología, geomorfología e hidrogeología, se deberá:

- Realizar revisión de información disponible parar el proyecto y especialmente de la generada en la Fase I del proyecto.

- Realizar visitas técnicas a todo el corredor en estudio de tal manera que se cuente con información correspondientes a áreas de corte y relleno, áreas inestables, zonas propensas a presentar actividad dinámica, dispersión y licuación, áreas con posibles capacidades portantes bajas, áreas con asentamientos y deformaciones altas e información que permita afinar la zonificación geotécnica realizada en fases previas.
- Realizar exploración de subsuelo directa e indirecta a lo largo del trazado de la vía. Sobre las muestras obtenidas se realizan ensayos de laboratorio. Para taludes inestables como mínimo (una) 1 perforación en corona y (una) 1 perforación en el pie, sitios críticos como mínimo dos (2) perforaciones en sentido transversal al eje de la vía. En los ZODMES, mínimo dos (2) perforaciones y para fuentes de materiales, una (1) perforación. La profundidad de la exploración debe ser definida por geología y geotecnia en conjunto, ajustada y complementada con exploración indirecta.
- Proponer plan de monitoreo e instrumentación geotécnicos para identificar y evaluar la dinámica de las áreas implicadas en el proyecto. (las perforaciones servirán como puntos de instrumentación y referencia).
- Identificar amenazas y riesgos del área implicada y sus entornos en especial el área involucrada del corredor geotécnico, sectores aledaños a los apoyos y a la estructura proyectada que puedan afectarla en su vida útil.
- Establecer las características geomecánicas de los suelos y rocas para la definición de los taludes de corte, terraplenes, zonas de disposición de materiales excavación y sobrantes (ZODMES) y fuentes de materiales. Se deberá realizar caracterización geomecánica y definición de calidad de los macizos rocosos, orientación del fracturamiento, relleno, tipo y falla probable, condición de drenaje, dentro del corredor geotécnico y presentar el detalle del perfil estratigráfico.
- Determinar las recomendaciones y obras requeridas para estabilidad referente a: taludes de corte, cimentación de terraplenes, zonas de disposición de materiales excavación y sobrantes (ZODMES) y fuentes de materiales.
- Plantear propuestas y alternativas de solución para la atención de zonas en estudio; recomendando las obras de estabilización necesarias que aseguren condiciones de estabilidad, sostenibilidad y operación del corredor.
- Condiciones de estabilidad y comportamiento del terreno, dentro del corredor geotécnico de la alternativa seleccionada, con caracterización y generación del mapa de unidades geológicas para ingeniera (UGI) y el de unidades geotécnicas homogéneas a escala (UGH) 1:10000.

Dentro de las actividades se requiere realizar reconocimiento de campo del corredor seleccionado para validar las condiciones de cada uno de los aspectos de interés. Dar el aporte requerido para el diseño geométrico del eje de la vía en planta, perfil y sección transversal.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

El Consultor debe presentar la metodología para el desarrollo del Estudio, documento que se deberá entregar a la Interventoría para su aprobación y detallando la información secundaria y primaria que soportará el estudio, los trabajos de campo, los procedimientos empleados para la obtención de los parámetros geomecánicos de los materiales (exploración directa e indirecta y ensayos de laboratorio), las metodologías empleadas para los cálculos geotécnicos y los criterios tenidos en cuenta en la elaboración de los estudios de Fase II (para la definición y propuesta de obras). Se recomienda seguir la metodología del Manual de taludes del INVÍAS vigente para realizar todas las labores del volumen.

Es importante tener en cuenta que las metodologías para estudios y diseños de proyectos viales imponen la necesidad de efectuar retroalimentaciones permanentes entre los distintos campos y especialidades de la ingeniería y de otras disciplinas, que intervienen en el diseño integral de un proyecto. Solo esta intercomunicación oportuna durante el período de análisis permite la juiciosa validación y consistencia de los parámetros que se adoptan en el diseño y del conjunto de variables que se derivan.

Dentro de la metodología se debe involucrar como mínimo lo siguiente:

- Información secundaria por utilizar en el estudio. Definición del estado del arte (referencia, gestión y detalle de información secundaria, involucrando información recolectada en la Fase I del proyecto), tiempos y recursos utilizados en dicha labor. Se referenciará la información secundaria con la cual se inicia la consultoría y detallada la información que será consultada, definiendo las entidades involucradas, estudios asociados y los tiempos y recursos utilizados en dicha labor. Se debe involucrar la información recolectada en la Fase I del proyecto. Se aclara que la información secundaria debe ser actualizada durante la fase I del proyecto y de esta manera utilizada por parte del grupo de trabajo de geología y geotecnia.

- Visita de campo, verificación y monitoreo de las áreas de exploración, A partir de la información secundaria existente y ya analizada se definirá la agenda de la visita técnica; el número de profesionales que participará en dicha visita, los perfiles de los profesionales, objetivos de dicha visita, metodología para el registro de la información recolectada, metodología para el procesamiento de dicha información. Dentro de la visita se debe verificar la información respecto a los aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos y geotécnicos, entre los que se tiene: el tipo de suelo y roca, fracturamiento (fallas y diaclasamiento), pendientes del terreno, identificación de procesos morfodinámicos, flujo de agua superficial, flujo subsuperficial y aquellos aspectos que sean relevantes para el proyecto o para la zona en estudio. De igual manera se debe validar áreas que efectivamente tienen viabilidad para ubicar el proyecto y zonas que deben ser evitadas. Como resultado de la visita se debe identificar las áreas de amenaza alta que pueden concluir a un riesgo no mitigable, preparar la campaña de exploración de subsuelo requerida para el proyecto (directa e indirecta) y plan de monitoreo, de tal manera que está permita la caracterización del subsuelo, seguimiento de su dinámica y acciones necesarias para la Fase II del proyecto.

- Exploración de subsuelo y ensayos de laboratorio, con fundamento en la información secundaria y reconocimiento de campo se elaborará un plan de los trabajos de exploración directa e indirecta, Identificando el tipo de exploración a realizar y los ensayos de campo a realizar y los ensayos de campo a realizar. Se requiere describir en detalle la logística de ingreso de equipos, condiciones de transporte local, condiciones de mano de obra local, dificultades geográficas a salvar (cuerpos de agua, áreas de gran pendiente, etc), suministro de agua, insumos químicos, combustible, traslado y conservación de muestras. Además, definir la ubicación de los laboratorios para análisis de muestras, etc y como se conservarán las muestras de suelo obtenidas. Dependiendo de la particularidad del proyecto se deben definir la totalidad de aspectos relevantes que puedan afectar el desarrollo de los trabajos en los tiempos estipulados y bajo condiciones de seguridad; además, se generará un listado preliminar de ensayos de laboratorio a realizar para conocer propiedades índices de resistencia y deformabilidad que permitan la caracterización de suelos y rocas extraídas.

- Caracterización de suelos y rocas. a partir de la exploración directa e indirecta, mediante ensayos in situ y de laboratorio; cuya redundancia, correlación (información secundaria existente) y valores típicos de referencia validarán los parámetros geomecánicos de los materiales encontrados en el sitio. Se debe involucrar en la metodología para la caracterización de los suelos y rocas presentes en el sector (de acuerdo con la información secundaria existente) dando soporte a las correlaciones planteadas, correlación entre exploración de subsuelo directa e indirecta, caracterización a partir de ensayos de campo realizados y mencionar valores típicos de referencia para parámetros de suelo o roca que serán utilizados en la consultoría. Las muestras de suelo deberán clasificarse utilizando el sistema unificado de clasificación de suelos (USCS y AASTHO) y las muestras de roca siguiendo los procedimientos petrográficos y los establecidos para los análisis de macizo rocoso (Bieniaswski, (RMR), Romana (SMR), Hoek-Brown (GSI) o el de Barton (Q)) o la metodología que mejor correlacione el comportamiento del material existente en el área, la información debe condensarse mediante gráficos descriptivos (columnas y cortes) realizados en cada sondeo y la información recolectada en campo.

- Análisis geotécnicos. Se deben incluir en la metodología del proyecto diversas metodologías de cálculo y análisis que permitan la definición de los taludes de corte, terraplenes, zonas de disposición de materiales excavación y sobrantes (ZODMES) y fuentes de materiales, junto con las respectivas obras de estabilidad y mejoramiento. Dentro de estas metodologías se debe dar prelación a las mencionadas en normatividad nacional vigente aplicable y/o manuales de diseño (en sus versiones más recientes). Estas metodologías deben ser coherentes con las condiciones de estabilidad tanto físicas como ambientales que aplique al proyecto.

- Delimitación y caracterización de las unidades geotécnicas homogéneas (UGH), obtenidas a partir de la superposición de Unidades Geológica para Ingeniera (UGI), (definidas mediante diferenciación de los materiales aflorantes (suelo y roca), definición de los espesores de suelo y las características físicas de los materiales de acuerdo con sus propiedades mecánicas) con las unidades o subunidades geomorfológicas. Las unidades geotécnicas homogéneas (UGH) se delimitarán a escala 1:10000.

Es importante tener en cuenta que las metodologías para estudios y diseños de proyectos viales imponen la necesidad de efectuar retroalimentaciones permanentes entre los distintos campos y especialidades de la ingeniería y de otras disciplinas, que intervienen en el diseño integral de un proyecto. Solo esta intercomunicación oportuna durante el periodo establecido para la fase permite la juiciosa validación y consistencia de los parámetros que se adoptan en el diseño y del conjunto de variables que se deriven.

En las metodologías se deben incluir los aspectos que aporten al proyecto. Lo mencionado anteriormente corresponde con lineamientos mínimos. Lo descrito dentro de este numeral debe evaluarse para cada proyecto en particular y adicionar las actividades de relevancia que se requieran.

2.1 RECOPILACIÓN Y/O TOMA DE INFORMACIÓN (SECUNDARIA)

La información secundaria existente para el proyecto parte de la información generada y aportada en la Fase I del proyecto. La consultoría debe buscar información adicional correspondiente a actualización de información generada por entidades de orden nacional, local y/o por proyectos aledaños.

2.2 SOFTWARE Y PROGRAMAS DE COMPUTADOR

Deberá implementarse la metodología BIM, Building Information Modeling, que es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, la cual permite detectar y subsanar en tiempo real posibles inconsistencias, interferencias, y conflictos entre especialidades. El Consultor deberá implementar BIM, realizando la modelación en un software BIM definido por el mismo en el Plan de Ejecución BIM (BEP), y gestionar dicha información en un Entorno Común de Datos (CDE) que facilite la comunicación entre las partes durante el desarrollo del proyecto y donde puedan consignarse documentos como las actas de reunión, actas técnicas, y demás documentos requeridos para la correcta ejecución del contrato.

2.3. DIBUJO DE PLANOS.

Deberá implementarse la metodología BIM, Building Information Modeling, que es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, la cual permite detectar y subsanar en tiempo real posibles inconsistencias, interferencias, y conflictos entre especialidades. El Consultor deberá implementar BIM, realizando la modelación en un software BIM definido por el mismo en el Plan de Ejecución BIM (BEP), entregando los modelos tanto en formato nativo como interoperable IFC, además de entregar los planos en formatos DWG y PDF. Los planos en sus formatos deberán tener una expresión y escala adecuada de tal manera que todo el contenido de los planos sea claro y legible, además de estar completos y acordes a lo establecido en la NTC 1580 DIBUJO TECNICO ESCALAS.

CAPÍTULO 3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

3.1 LOCALIZACIÓN

El Consultor deberá referenciar la localización del corredor seleccionado y anexar un esquema georreferenciado de su ubicación, así como recopilar la información relacionada con los antecedentes que considere apropiados para adquirir un conocimiento general de las condiciones actuales y de los problemas de estabilidad del corredor seleccionado.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Apoyados en la visita de campo interdisciplinaria y la información disponible, se hará una descripción general del corredor (taludes, terraplenes, sitios críticos, ZODMES y fuentes de materiales), unidades geotécnicas homogéneas a escala (UGH) y de su zona de influencia.

CAPÍTULO 4. TRABAJOS DE CAMPO

Incluye todo lo relacionado con la ejecución de perforaciones realizadas e instrumentación geotécnica, su localización y abscisado, número y profundidad. En caso de realizar exploración por métodos indirectos deberá detallar el tipo y la ubicación.

Será necesario mínimo (dos) 2 sondeos por zona homogénea y una separación máxima entre sondeos de 2 Km complemento a lo anterior se podrán emplear métodos indirectos como sondeos geoeléctricos o líneas sísmicas, entre otros.

La definición de la ubicación de los sitios de exploración y cantidades de perforación e instrumentación (para taludes inestables como mínimo una (1) perforación en corona y una (1) perforación en el pie. En los ZODMES, mínimo dos (2) perforaciones y para fuentes de materiales, una (1) perforación deberá hacerse de manera conjunta con el desarrollo del estudio geológico, geomorfológico e hidrogeológico (las perforaciones y áreas se instrumentarán mediante la instalación de inclinómetros y piezómetros y puntos de control topográfico) complementada con investigaciones mediante métodos indirectos como sondeos geoeléctricos, líneas sísmicas, entre otros.

En cada investigación además de los métodos exploración directa e indirecta incluir ensayos de penetración estándar (SPT) cada 1.50 m y donde la consistencia de los materiales lo permitan se recuperarán muestras alteradas e inalteradas para la identificación y determinación de los parámetros de resistencia y deformabilidad del suelo en laboratorio.

Se deberá evaluar el uso de CPT, CPTu, presurometro, etc y tecnologías recientes en exploración directa que apliquen al proyecto y brinden información de calidad respecto a las características de los materiales del sitio.

El Consultor deberá elaborar registros detallados de las labores de perforación incluyendo: horarios y fecha de trabajo, equipo utilizado, tipo de brocas, diámetro de tubería de perforación, tubería de revestimiento, materiales encontrados, niveles de agua encontrados, rendimientos obtenidos, personal empleado, y registro de cualquier situación particular que se presente

durante la operación; todos los soportes y documentación debidamente firmada. Este documento deberá ser verificado en su contenido y aprobado por la Interventoría.

En el informe del estudio geotécnico deben anexarse todos los registros de perforación, sondeos y toma de datos debidamente georreferenciados en cuanto a cotas y coordenadas.

4.1 ENSAYOS DE LABORATORIO

Con las muestras representativas (alteradas e inalteradas) se deberán realizar los ensayos de laboratorio requeridos para la correcta caracterización de los materiales presentes y se deben realizar mediante las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y los procedimientos de las Normas de Ensayos de Materiales para Carreteras del INVÍAS vigentes a la fecha de los diseños. Para las pruebas no contempladas en las anteriores normas, se aplicarán los estándares de ICONTEC y ASTM, en este mismo orden.

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS GEOTÉCNICO

Con base en los resultados del estudio geológico geomorfológico e hidrogeológico y teniendo en cuenta aspectos como pendientes del terreno, hidrología, cobertura vegetal, uso del suelo, procesos de inestabilidad, rasgos geomorfológicos sobresalientes, estabilidad geotécnica, caracterización geomecánica de materiales, patrón del drenaje, presencia de drenajes menores y/o mayores, divisorias de agua, surgencias, etc., se determinarán zonas homogéneas que permitan definir modelos geológicos – geotécnicos preliminares a lo largo del corredor, y las condiciones generales de los taludes, terraplenes, puntos crítico, zonas de disposición de materiales de excavación y sobrantes (ZODMES) y fuentes de materiales.

Para tal efecto será necesario: visitas técnicas del geólogo y del geotecnista al sitio del proyecto que identificarán zonas de interés geotécnico como zonas inestables, zonas anegadas, zonas que, por geología, geomorfología, hidrogeología posean condiciones de baja capacidad portante, asentamientos y deformaciones elevadas. Dentro del diagnóstico geotécnico se debe involucrar los resultados de exploración geotécnica directa, indirecta, instrumentación geotécnica de monitoreo, resultados de ensayos de campo y ensayos de laboratorio.

CAPÍTULO 6. RECOMENDACIONES Y OBRAS REQUERIDAS PARA LOS TALUDES DE CORTE, PUNTOS CRÍTICOS, TERRAPLENES Y ZONAS DE DISPOSICIÓN DE MATERIALES EXCAVACIÓN Y SOBRANTES (ZODMES).

6.1 TALUDES DE CORTE

Para cada zona homogénea se definirá la inclinación de los taludes, el ancho de las bermas y la altura de estas con factores de seguridad apropiados que garanticen estabilidad.

La definición de los parámetros para los análisis de estabilidad estará basada en la información existente, exploración de subsuelo, ensayos de campo y de laboratorio. Además, las

condiciones de las laderas naturales, para tal efecto se podrá validar empleando análisis de retro-cálculo de acuerdo con las condiciones observadas en campo.

Se deberán definir las obras adicionales requeridas tales como zanjas de coronación, cunetas filtros, drenes horizontales, etc., que garanticen un adecuado manejo de las aguas superficiales y subsuperficiales y las obras de contención requeridas como muros, anclajes, pernos, etc. Estructuras que garanticen la estabilidad deseada y se puedan establecer cantidades aproximadas de obras.

6.2 TERRAPLENES Y ZONAS DE DISPOSICIÓN DE MATERIALES EXCAVACIÓN Y SOBRANTES (ZODMES)

Se definirán las condiciones de capacidad portante, cimentación, asentamiento y estabilidad de los terraplenes y zonas de disposición de sobrantes (ZODMES). A partir de las condiciones geológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas se definirá la inclinación optima de los taludes, bermas y las obras adicionales requeridas tales como obras de drenaje superficiales y subsuperficiales que garanticen la estabilidad deseada.

Para las zonas de disposición de materiales excavación y sobrantes (ZODMES), el análisis geotécnico deberá concluir sobre la geometría de terrazas y rellenos, condiciones límites y otras consideraciones que permita garantizar estabilidad.

6.3 SITIOS CRÍTICOS

Con base en el estudio geológico, geomorfológico, hidrogeológico y la visita de campo, se deberá presentar un plano de localización y delimitación de los sitios críticos, estableciendo las posibles causas de los procesos morfodinámicos o fenómenos de inestabilidad presentes, para entender e identificar el problema de tal forma que se pueda conocer su mecanismo de falla y sus factores detonantes y/o contribuyentes a la inestabilidad.

Presentar el modelo geológico-geotécnico con la información disponible utilizando la información de campo, exploración de subsuelo, resultados de ensayos de campo y laboratorio e instrumentación geotécnica. Finalmente realizar análisis de estabilidad sin obras y con obras para condición estática y pseudoestática que permitan generar el diseño y validación de las respectivas obras de estabilización. Se debe verificar las aceleraciones sísmicas aplicables según normativa nacional.

Los análisis anteriores definirán las diferentes propuestas de solución para la atención de los sitios de inestabilidad identificados, junto con las recomendaciones de propuestas obras para estabilización definiendo preliminarmente características morfológicas y geométricas, de tal manera que permitan su diseño definitivo en la siguiente fase de estudios. Las obras de estabilización deberán garantizar las condiciones adecuadas de la estabilidad y la operación durante el periodo de diseño de la vía.

CAPÍTULO 7. FUENTES DE MATERIALES

Este capítulo se refiere a la localización, georreferenciación, selección, calidad, reservas, cubicación y clasificación de fuentes de materiales para la construcción de la vía, zonas de préstamos.

Adicionalmente se deberá revisar la legalidad y vigencia de permisos ante las autoridades ambientales competentes.

Se deberá incluir un plano de localización de las fuentes de materiales (escala 1:5000) donde indique la distancia al proyecto de cada una de ellas, volumen estimado y su posible utilización. Igualmente, se incluirá un diagrama claro con el plan de utilización recomendado.

Se deberá incluir el acceso a la fuente, su estado y distancia por vía terrestre al proyecto.

CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Consultor deberá formular conclusiones que se relacionen con los objetivos enunciados, la base teórica y el diagnóstico. El estudio deberá suministrar resultados y recomendaciones que permitan como mínimo:

- Identificar los parámetros geomecánicos y calidad de los perfiles de suelo, roca y macizo rocoso, para análisis de estabilidad de cortes, terraplenes, zonas de disposición de materiales excavación y sobrantes (ZODMES), rellenos, puntos críticos y fuentes de materiales sobre el corredor seleccionado.
- Ser un insumo fundamental para la actuación de otros especialistas indispensables en los estudios y diseños requeridos para un proyecto vial.
- Se deberá dejar explícitamente las recomendaciones a tener en consideración durante la siguiente fase de estudios y diseños.
- Proponer plan de monitoreo e instrumentación geotécnica.
- Se debe realizar la caracterización y delimitación de zonas homogéneas, definir zonas inestables (sitios críticos), evaluar la estabilidad de los taludes (corte y rellenos), terraplenes y zonas de disposición de materiales excavación y sobrantes (ZODMES), fuentes de materiales y redimensionar obras de estabilización o el diseño de nuevas obras.
- Definir zonas de disposición de materiales excavación y sobrantes (ZODMES) y las fuentes de materiales.

ANEXOS DEL VOLUMEN

Se deberá organizar en medio digital toda la información secundaria y primaria que haya sido utilizada para el desarrollo del presente Estudio. Así mismo, se deberá clasificar para fácil consulta, tanto por parte del Interventor y/o del INVÍAS, como por cualquier otra persona que se encuentre interesada en acceder a dicha información.

El Consultor deberá elaborar los planos a la escala indicada, y los informes requeridos para el proyecto, considerando como mínimo los siguientes:

•Informes de las visitas técnicas conjuntas del geólogo y geotecnista.
•Informe de estabilidad y estabilización de taludes, terraplenes, puntos críticos, zonas de disposición de materiales excavación y sobrantes (ZODMES) y fuentes de materiales del corredor seleccionado.
•Planos generales de localización (Escala 1:10000).
• Plano de localización de sitios críticos (Escala 1:5000).
•Plano de localización de zonas de disposición de materiales excavación y sobrantes (ZODMES) (Escala 1:10000).
•Plano de cada zona de disposición de materiales excavación y sobrantes (ZODMES) (Escala 1:5000).
•Plano de localización de fuentes de materiales (Escala 1:5.000).
•Plano de localización de obras de estabilización (Escala 1:5000).
•Planos con los diseños de las obras recomendadas y cantidades de obra, (en planta y perfil) Escala 1:500 .
• Plano de localización de Apiques y Trincheras, Perforaciones, Sondeos Eléctricos, Líneas Sísmicas de Refracción y Sondeos de Georadar, tomografías, entre otros, realizados para la investigación del corredor a nivel general. escala 1:5000).
•Registro de Apiques y Trincheras realizados para la investigación del corredor a nivel general.
•Registro de Sondeos Eléctricos, Líneas Sísmicas de Refracción y Sondeos de Georadar, tomografías, entre otros, realizados para la investigación del corredor a nivel general.
•Resultados de ensayos de laboratorio.
•Plano, registro y análisis de la instrumentación geotecnia. (escala 1:5000).
•Entrega de insumos conforme a escala (mapa base topográfica, geológico, geomorfológico, hidrogeológico pendientes, etc.) escala 1:500 a 1:5000.
•Planos de zonificación geotécnica (Unidades Geotécnicas Homogéneas “UGH”) escala 1:10000 o mayor, con sus respectivos insumos (mapa base topográfica, geológico, geomorfológico, hidrogeológico, pendientes, etc).

2.8. VOLUMEN VIII. ESTUDIO DE GEOTECNIA PARA PUENTES Y OTRAS ESTRUCTURAS

El informe final deberá contener como mínimo los siguientes capítulos:

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES.
CAPITULO 2. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO.
CAPITULO 3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS PUENTES NUEVOS.
CAPITULO 4. TRABAJOS DE CAMPO.
CAPITULO 5. ANÁLISIS DE SOCAVACIÓN.
CAPITULO 6. ANÁLISIS GEOTÉCNICO.
CAPITULO 7. CONDICIONES ESPECIALES DEL SUBSUELO.
CAPITULO 8. OBRAS COMPLEMENTARIAS.
CAPITULO 9. CONCLUSIONES.
CAPITULO 10. RECOMENDACIONES PARA FASE III.
ANEXOS DEL VOLUMEN.

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES

1.1 OBJETIVO

Realizar labores de campo y oficina que permitan realizar un dimensionamiento de la cimentación, perfilamiento, obras de drenaje y obras de contención que garantice estabilidad, con su respectiva instrumentación geotécnica y protocolos para el monitoreo.

1.2 ALCANCE

Basados en el diseño geométrico de la vía, los estudios geológicos geomorfológicos, hidrogeológicos y geotécnicos previos y los desarrollados durante la fase II del proyecto realizar:

- Reconocimiento del sector donde se proyecta el puente y otras estructuras, localización de zonas de disposición de materiales, excavación y sobrantes (ZODMES) y fuentes de materiales.
- Identificar amenazas y riesgos del área implicada y sus entornos en especial, áreas de taludes, sectores aledaños a los apoyos y a la estructura proyectada que puedan afectarla en su vida útil.
- Realizar como mínimo un sondeo o perforación por estructura propuesta (apoyos, estribos, etc.) complementada con investigaciones mediante métodos indirectos como sondeos geoeléctricos, líneas sísmicas, entre otros. La exploración directa realizada deberá cumplir con la profundidad mínima especificada en la normativa nacional vigente. Para estructuras cuya luz o longitud superen los 50 metros se requiere evaluación especifica de la zona respecto al tipo de exploración (directa como indirecta), cantidad y profundidad e incluirse dentro de la metodología a presentar a la interventoría.
- Ensayos de laboratorio para definir propiedades índices, de resistencia, deformabilidad, entre otros sobre las muestras obtenidas en la exploración.

- Proponer plan de monitoreo e instrumentación geotécnicos para identificar y evaluar la dinámica de las áreas implicadas en el proyecto (las perforaciones servirán como puntos de instrumentación y referencia).
- Elaborar el modelo geotécnico para los apoyos definiendo los estratos existentes (espesores y clasificación) y sus propiedades geomecánicas (resistencia al esfuerzo cortante, compresibilidad, rigidez, expansión o colapsabilidad).
- Dimensionamiento de la cimentación requerida para los puentes del proyecto.
- Dimensionamiento de estructuras de contención y obras complementarias.
- Condiciones de estabilidad y comportamiento del terreno implicado (áreas de cimentación de los apoyos, estructuras, estribos, áreas de aproximación, cause, riveras y entorno) de la alternativa seleccionada, con caracterización y generación del mapa de unidades geológicas para ingeniera (UGI) y el de unidades geotécnicas homogéneas a escala (UGH) 1:10000.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

Por parte del Consultor se deberá presentar a la interventoría o a quien designe el INVÍAS la metodología para desarrollar el estudio, donde se especifique cómo se van a desarrollar cada una de las actividades definidas en el alcance, dando relevancia al desarrollar los trabajos de campo (visitas técnicas, interrelación de profesionales y desarrollo de trabajos de exploración de subsuelo), complementado con trabajo de oficina.

Dentro de la metodología se debe involucrar como mínimo lo siguiente:

- Definición del estado del arte (referencia, gestión y detalle de información secundaria, involucrando información recolectada en la Fase II del proyecto), tiempos y recursos utilizados en dicha labor. Se aclara que la información secundaria debe ser actualizada durante la fase II del proyecto y de esta manera utilizada por parte del grupo de trabajo de geología y geotecnia.

- **Visita de campo y verificación de las áreas de exploración.** A partir de la información secundaria se definirá la agenda de la visita técnica. Dentro de la visita debe verificarse la información respecto a los aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos y geotécnicos, entre los que se tiene: tipo de suelo y roca, fracturamiento (fallas y diaclasamiento), pendientes del terreno, identificación de procesos morfodinámicos, erosivos, flujo de agua superficial, flujo subsuperficial y aquellos que sean relevantes para el proyecto o zona en estudio (áreas de cimentación de los apoyos, estructuras, estribos, áreas de aproximación, cause, riveras y entorno); como resultado de la visita se debe identificar las áreas de amenaza alta y riesgo no mitigable y preparar la campaña de exploración requerida para el proyecto (directa e indirecta) de tal manera que está permita la caracterización del subsuelo necesaria para la Fase II.

- **Exploración de subsuelo y ensayos de laboratorio**, con fundamento en la información secundaria y reconocimiento de campo se elaborará un plan de los trabajos de exploración directa e indirecta, identificando tipo de exploración y los ensayos de

campo a realizar, logística de ingreso a equipos, condiciones de transporte local, condiciones de mano de obra local, dificultades geográficas a salvar (ríos, quebradas, cuerpo de agua, áreas de gran pendiente), suministro de agua, insumos químicos, combustible, traslado y conservación de muestras, definir ubicación de los laboratorios para análisis de muestras, etc. Dependiendo de la particularidad del proyecto se deben definir la totalidad de aspectos relevantes que puedan afectar el desarrollo de los trabajos en los tiempos estipulados y bajo condiciones de seguridad; además, se generará un listado preliminar de ensayos de laboratorio a realizar, para conocer propiedades índices de resistencia y deformabilidad que permitan la caracterización de suelos y rocas extraídas en el sitio.

- **Caracterización de suelos y rocas.** A partir de la exploración directa e indirecta del perfil de suelo y subsuelo mediante ensayos *in situ* y de laboratorio; cuya redundancia, correlación (información secundaria existente) y valores típicos de referencia, validarán los parámetros geomecánicos de los materiales encontrados en el sitio. Las muestras de suelo deberán clasificarse utilizando el sistema unificado de clasificación de suelos (USCS y AASTHO) y las muestras de roca siguiendo los procedimientos establecidos para los análisis de macizo rocoso (Bieniaswski, (RMR), Romana (SMR), Hoek-Brown (GSI) o el de Barton (Q)), la información debe condensarse mediante gráficos descriptivos (columnas y cortes) realizados en cada sondeo.

- **Análisis geotécnicos.** Se deben utilizar diversas metodologías de cálculo y análisis que permitan delimitar y caracterizar las áreas de cimentación para los apoyos, estribos, áreas de aproximación, cause, riveras y entorno, junto con las respectivas obras de estabilidad y mejoramiento. Dentro de estas metodologías se debe dar prelación a las mencionadas en normatividad nacional vigente aplicable y/o manuales de diseño. Estas metodologías deben ser coherentes con las condiciones de estabilidad tanto físicas como ambientales que apliquen al proyecto.

- Evaluación y caracterización de las unidades geotécnicas homogéneas (UGH), obtenidas a partir de la superposición de Unidades Geológica para Ingeniera (UGI), (definidas mediante diferenciación de los materiales aflorantes (suelo y roca), definición de los espesores de suelo y las características físicas de los materiales de acuerdo a sus propiedades mecánicas) con las unidades o subunidades geomorfológicas. Las unidades geotécnicas homogéneas (UGH) se delimitarán a escala 1:10000.

Dentro de las actividades se requiere realizar reconocimiento de campo de los sectores implicados (áreas de cimentación de los apoyos, estructuras, estribos, áreas de aproximación, cause, riveras y entorno) para validar las condiciones de cada uno de los aspectos de interés. Dar el aporte requerido para el diseño geométrico del eje de la vía en planta, perfil y sección transversal.

En la metodología se deben incluir los aspectos que aporten al proyecto. Lo mencionado anteriormente corresponde con lineamientos mínimos.

2.1 RECOPILACIÓN Y/O TOMA DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

La información secundaria existente para el proyecto parte de la información generada y aportada en Fase I del proyecto. La Consultoría debe buscar información adicional correspondiente a actualización de información generada por entidades de orden nacional, local y/o por proyectos aledaños.

2.2. SOFTWARE Y PROGRAMAS DE COMPUTADOR

Deberá implementarse la metodología BIM, *Building Information Modeling,* que es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, la cual permite detectar y subsanar en tiempo real posibles inconsistencias, interferencias, y conflictos entre especialidades. El Consultor deberá implementar BIM, realizando la modelación en un software BIM definido por el mismo en el Plan de Ejecución BIM (BEP), y gestionar dicha información en un Entorno Común de Datos (CDE) que facilite la comunicación entre las partes durante el desarrollo del proyecto y donde puedan consignarse documentos como las actas de reunión, actas técnicas, y demás documentos requeridos para la correcta ejecución del contrato.

CAPÍTULO 3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS PUENTES NUEVOS Y OTRAS ESTRUCTURAS

Se incluirá un plano con la localización de todas las estructuras a diseñar y dentro del informe se especifica el tipo de estructura, luz de diseño, numero de apoyos, estimativo de cargas por apoyo, anexar un esquema georreferenciado de su ubicación, así como recopilar la información relacionada con los antecedentes que considere apropiados, afín de adquirir un conocimiento general de las condiciones actuales, problemas de estabilidad y demás características que se considere mencionar.

Apoyados en la visita de campo interdisciplinaria y la información disponible, se hará una descripción general de áreas de cimentación de los apoyos, estructuras, estribos, áreas de aproximación, cause, riveras y entorno, incluyendo ZODMES, fuentes de materiales y zona de influencia.

CAPÍTULO 4. TRABAJOS DE CAMPO

Incluye todo lo relacionado con la ejecución de perforaciones realizadas e instrumentación geotécnica su localización y abscisado, número y profundidad. En caso de realizar exploración por métodos indirectos deberá detallar el tipo y la ubicación.

La definición de la ubicación de los sitios de exploración, cantidades de perforación e instrumentación para los sitios de ponteadero o zonas implicadas (áreas de cimentación de los apoyos, estructuras, estribos, áreas de aproximación, cause, riveras y entorno) deberá hacerse de manera conjunta con el desarrollo del estudio geológico, geomorfológico e hidrogeológico

(las perforaciones y áreas se instrumentarán mediante la instalación de piezómetros y puntos de control topográfico). Se requiere realizar como mínimo un sondeo o perforación por estructura propuesta y complementarla con investigaciones mediante métodos indirectos como sondeos geo eléctricos, líneas sísmicas, entre otros.

En cada investigación se deben incluir ensayos de penetración estándar (SPT) cada 1.50 m o los ensayos de campo que se definan dadas las características del subsuelo y donde la consistencia de los materiales lo permitan se recuperarán muestras alteradas e inalteradas para la identificación y determinación de los parámetros de resistencia y deformabilidad del suelo en laboratorio.

Se deberá evaluar el uso de CPT, CPTu, presurometro, etc., y tecnologías recientes en exploración directa que apliquen al proyecto y brinden información de calidad respecto a las características de los materiales del sitio.

El Consultor deberá elaborar registros detallados de las labores de perforación incluyendo: horarios y fecha de trabajo, equipo utilizado, tipo de brocas, diámetro de tubería de perforación, tubería de revestimiento, materiales encontrados, niveles de agua encontrados, rendimientos obtenidos, personal empleado, y registro de cualquier situación particular que se presente durante la operación; todos los soportes y documentación debidamente firmada. Este documento deberá ser verificado en su contenido y aprobado por la Interventoría.

En el informe del estudio de suelos, rocas y macizo rocoso deben anexarse todos los registros de perforación, sondeos y toma de datos debidamente georreferenciados en cuanto a cotas y coordenadas.

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE SOCAVACIÓN

Se realizará el resumen de los resultados de los estudios geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos hidrológicos, hidráulicos, de amenaza, registros e instalación de instrumentación geotécnica (limnígrafo, vertedero de pared delgada, entre otros) y cálculos de socavación contenidos en el volumen correspondiente donde se muestren los resultados obtenidos. Basados en la socavación general y local probable, se deberá generar recomendaciones respecto al tipo de cimentación a contemplar.

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS GEOTÉCNICO

6.1 ANÁLISIS GEOTÉCNICO

En el análisis geotécnico, se requiere evaluar diferentes alternativas de cimentación, recomendando la solución más viable, indicando el tipo y profundidad de la cimentación, previo análisis de la capacidad portante y deformación.

El estudio geotécnico incluye además el análisis de estabilidad de áreas de cimentación de los apoyos, estructuras, estribos, áreas de aproximación, cauce, riveras y entorno, así como recomendaciones en cuanto al análisis sísmico sobre las estructuras.

Además, será necesario determinar las condiciones requeridas para garantizar las excavaciones temporales y permanentes para la implantación de la estructura proyectada, incluyendo las obras de contención o entibados que se requieran para tal fin.

En resumen, se debe realizar el dimensionamiento de la cimentación, estructuras de contención y obras complementarias utilizando parámetros críticos determinados mediante ensayos redundantes de tipo directo e indirecto.

6.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Deberán realizarse los ensayos de laboratorio como mínimo: Granulometría y Límites de Atterberg, humedad natural, gravedad específica, densidades, de resistencia, compresibilidad y deformación a lo largo del perfil del suelo. Para el caso de rocas se requiere ensayos de compresión simple cuando se lleve el nivel de cimentación hasta estos niveles. Los listados anteriormente serán complementados con todos los ensayos que permitan la correcta caracterización de los materiales y definir características especiales del subsuelo.

Las muestras de suelo deberán clasificarse utilizando el sistema unificado de clasificación de suelos (USCS y AASTHO) y las muestras de roca siguiendo los procedimientos establecidos para los análisis de macizo rocoso (Bieniaswski, (RMR), Romana (SMR), Hoek-Brown (GSI) o el de Barton (Q)), la información debe condensarse mediante gráficos descriptivos (columnas y cortes) realizados en cada sondeo.

6.3 PERFIL ESTRATIGRÁFICO

En conjunto con los profesionales de geología, del proyecto y basados en los resultados de la exploración directa, indirecta, instrumentación geotécnica de monitoreo y ensayos de laboratorio, se deben determinar la distribución, espesor, disposición y caracterización geomecánica de capas y litologías a lo largo del eje del puente.

Las muestras de suelo deberán clasificarse utilizando el sistema de clasificación de suelos (USC y AASTHO) y las rocas se describirán incluyendo identificación, grado de fracturamiento y demás información útil desde el punto de vista de ingeniería, condensándola mediante los perfiles estratigráficos. Se deberá realizar una caracterización geomecánica complementaria de los macizos rocosos. Se debe complementar y presentar el detalle del perfil estratigráfico por apoyo y a lo largo de otras estructuras.

CAPÍTULO 7. CONDICIONES ESPECIALES DE SUBSUELO

En caso de detectar situaciones especiales del suelo de fundación, tales como la presencia de suelos orgánicos, expansivos, dispersivos, colapsables, suelos susceptibles a licuación o

cualquier otro estado que implique inestabilidad de la estructura, se indicará la solución respectiva con el debido soporte de información disponible.

En caso de requerir exploración de subsuelo adicional u otro tipo de ensayos no realizados durante esta Fase del proyecto se definirá la campaña de exploración e instrumentación geotécnica de monitoreo a realizar, su ubicación y análisis faltantes a realizar en siguientes fases.

CAPÍTULO 8. OBRAS COMPLEMENTARIAS

El Consultor recomendará obras complementarias que sean necesarias para el adecuado funcionamiento de la estructura.

CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES

Se presentarán en forma sucinta, como mínimo las características físicas del suelo, tipología, parámetros de resistencia y deformación utilizados en el diseño; al igual que los resultados alcanzados en el estudio referentes a: profundidad, cota y tipo de cimentación, dimensiones y número de elementos, magnitud de la profundidad de socavación y valor de la capacidad portante.

El Consultor deberá formular conclusiones que se relacionen con los objetivos enunciados, la base teórica y el diagnóstico. El estudio deberá suministrar resultados y recomendaciones que permitan como mínimo:

- Concluir respecto al dimensionamiento realizado para la cimentación, estructuras de contención y obras complementarias de cada una de las estructuras diseñadas.
- Identificar los parámetros, condiciones geomecánicos y calidad de los perfiles de suelo, roca y macizo rocoso, para análisis de estabilidad de las áreas de cimentación de los apoyos, estructuras, estribos, áreas de aproximación, cause, riveras y entorno.
- Ser un insumo fundamental para la actuación de otros especialistas indispensables en los estudios y diseños requeridos para el puente y/o ponteaderos.
- Se deberá dejar explícitamente las recomendaciones a tener en consideración durante la siguiente fase de estudios y diseños.
- Proponer plan de monitoreo e instrumentación geotécnica.
- Se debe realizar la caracterización y delimitación de zonas homogéneas, definir áreas de cimentación de los apoyos, estructuras, estribos, áreas de aproximación, cause, riveras, entorno y dimensionar obras de estabilización.
- Ubicación zonas de disposición de materiales excavación y sobrantes (ZODMES) y las fuentes de materiales.

CAPÍTULO 10. RECOMENDACIONES PARA ESTUDIOS Y DISEÑOS FASE III

Se incluirán actividades recomendadas para los estudios de Fase III de los puentes y otras estructuras especificando la justificación de los trabajos requeridos en dicha fase y cuál es el objetivo final de los mismo. Se debe generar las recomendaciones necesarias para que en la siguiente fase se finalicen al 100% los diseños de los puentes y estructuras conexas del proyecto.

ANEXOS DEL VOLUMEN

Se deberá organizar en medio digital toda la información que haya sido utilizada para el desarrollo del presente Volumen. Así mismo, se deberá clasificar para fácil consulta, tanto por parte del Interventor y/o del INVÍAS, como por cualquier otra persona que se encuentre interesada en acceder a dicha información.

El Consultor deberá elaborar los planos a la escala indicada, y los informes requeridos para el proyecto, considerando como mínimo los siguientes:

- Plano de Localización de las perforaciones. Escala 1:500.
- Registros de perforaciones.
- Resultados de ensayos de laboratorio e *in situ* donde se incluya por parte del laboratorio fotografías de la falla obtenida.
- Memorias de cálculo: caracterización, análisis de estabilidad, diseño de obras de estabilización, capacidad portante y asentamientos, selección y análisis de la cimentación, parámetros para diseño estructural, diseños de obras complementarias y en general todas las memorias de cálculo realizadas para el proyecto.
- Planos de obras Escala 1:500 (en planta y perfil).
- Fotografías del sitio y registros fotográficos de la exploración de subsuelo y de las muestras obtenidas.
- Plano de localización de Apiques y Trincheras, Perforaciones, Sondeos Eléctricos, Líneas Sísmicas de Refracción y Sondeos de Georadar, tomografías, entre otros, realizados para la investigación del corredor a nivel general.
- Registro de Apiques y Trincheras realizados para la investigación de áreas de cimentación de los apoyos, estructuras, estribos, áreas de aproximación, cause, riveras y entorno.
- Registro de Sondeos Eléctricos, Líneas Sísmicas de Refracción y Sondeos de Georadar, tomografías, entre otros, realizados para la investigación de áreas de cimentación de los apoyos, estructuras, estribos, áreas de aproximación, cause, riveras y entorno.
- Plano, registro y análisis de la instrumentación geotecnia (escala 1:5000).
- Entrega de insumos conforme a escala (mapa base topográfica, geológico, geomorfológico, hidrogeológico pendientes, etc) escala 1:500 a 1:5000.

- Planos de zonificación geotécnica (Unidades geotécnicas homogéneas “UGH”) escala 1:10000 o mayor, con sus respectivos insumos (mapa base topográfica, geológico, geomorfológico, hidrogeológico, pendientes, etc).

2.9. VOLUMEN IX. HIDRÁULICA, HIDROLOGÍA Y SOCAVACIÓN

El informe final del Estudio de Sostenibilidad deberá contener como mínimo los siguientes capítulos:

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES
CAPÍTULO 2. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS
CAPÍTULO 3. DIMENSIONAMIENTOS HIDRÁULICOS
CAPÍTULO 4. ESTUDIOS DE SOCAVACIÓN
CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y MEMORIAS DE CÁLCULO
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES

1.1 OBJETIVO

El Consultor efectuará los estudios hidrológicos, los diseños hidráulicos, incluyendo los estudios de socavación, requeridos para dimensionar las obras de drenaje mayores y menores (puentes, pontones, box culvert, alcantarillas, cunetas, etc.), así como las de subdrenaje (filtros, trincheras drenantes, drenes horizontales, etc.) necesarias para el proyecto.

1.2 ALCANCES

Los estudios y diseños de hidráulica, hidrología y socavación deben permitir establecer el funcionamiento hidráulico tal que se dimensionen las obras de drenaje que permitan controlar y eliminar el exceso de agua superficial y subterránea que discurre sobre y bajo la infraestructura vial, a fin de que no puedan comprometer su estabilidad, de acuerdo con las exigencias hidrológicas y geomorfológicas del área de estudio, sin afectar el drenaje natural de la zona, ni a la propiedad adyacente.

Adicional a lo anterior, se incluirán los análisis de planicies de inundación para la definición de alturas de terraplenes y de gálibos aéreos para el cruce de embarcaciones bajo puentes en ríos navegables

CAPÍTULO 2. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

2.1. OBJETIVO

El objetivo del estudio de hidrología consiste en la determinación de los caudales de diseño, para distintas probabilidades de ocurrencia, en cada una de las cuencas o microcuencas que vierten a la carretera seleccionada, así como el análisis y determinación de los elementos o

variables hidrológicas que se requieren en las diferentes disciplinas que abarca un proyecto de infraestructura vial.

2.2. CRITERIOS DE DISEÑO

- **Criterios de cambio climático**

Los estudios y análisis hidrológicos deben considerar el impacto del cambio climático y de las precipitaciones máximas y sus efectos en los caudales máximos, inundaciones y precipitaciones detonantes en derrumbes o deslizamientos, así como la ocurrencia de fenómenos climatológicas extremos que puedan amenazar la infraestructura vial, tales como huracanes, marejadas, granizadas, etc.

- **Zonas de Inundación y Gálibos Aéreos**

En caso de que así se requiera, se deberán considerar los análisis de planicies de inundación, para definición de alturas de terraplenes y los análisis de gálibos aéreos para el cruce de embarcaciones bajo puentes en ríos navegables.

Para la incorporación en los Estudios de estos criterios de análisis, el Consultor propondrá la metodología a emplear, acorde a los avances en la materia a nivel nacional y al MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS del INVÍAS o el equivalente que se encuentre vigente a la fecha de los estudios. Dicha metodología deberá ser aprobada por la Interventoría y el INVÍAS.

2.3. TOMA DE INFORMACIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA

Para fines de los estudios de hidrología, se debe considerar información de orden primario y secundario, la cual como mínimo debe consistir en lo siguiente:

2.3.1. INFORMACIÓN PRIMARIA

Inspección de campo

• Actividad en la cual se evaluarán las condiciones de las corrientes que afectaran la alternativa seleccionada, se revisaran las zonas de inundación, para la consecución de elementos que permitan la recopilación y análisis de la información secundaria.

• Se efectuarán recorridos por las cuencas y microcuencas con el fin de verificar la veracidad de la cartografía y ortofotos existentes, así como sus características de suelos y coberturas vegetales.

• Se evaluará la presencia de proyectos existentes en el área de influencia directa del proyecto que afecte las características hidráulicas de las corrientes de agua que atraviesen el corredor vial seleccionado.

2.3.2. INFORMACIÓN SECUNDARIA

Análisis y Recopilación de la Información Existente

El consultor presentará una investigación en relación con la información existente, recopilando todo lo referente a estudios previos que aporten un conocimiento del clima, suelos, vegetación, comportamiento de obras existentes y próximas que se estén proyectando en el corredor seleccionado, etc., incluido lo consignado en los estudios de las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR ´s), el Instituto de Estudios Ambientales, IDEAM), cartográfica y de suelos (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) y en el POT de la zona de influencia de las obras.

Para la recolección de información de transporte y/u obras fluviales, cuando aplique, deben consultarse además del INVÍAS a otras entidades que puedan aportar información estadística al proyecto, como MINTRANSPORTE, SECRETARIAS DE OBRAS Y/O INFRAESTRUCTURA, DIMAR, CIOH, CCCP, CAR´s, entre otras.

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 INVÍAS vigente a la fecha de los estudios. El Consultor deberá utilizar la cartografía oficial del IGAC o SHAPES de la red hidrográfica disponibles a escala 1:25.000 o 1:100.000 para definir las cuencas y los parámetros morfométricos de las corrientes que atraviesan el corredor, calcular las áreas, longitud y pendiente del cauce principal.

Adicionalmente el Consultor podrá utilizar aerofotografías, imágenes satelitales, Cartografía Aérea Digital y modelos de elevación digital (DEM). Sin embargo, bajo ambiente ARC GIS o similar, estos últimos (DEM) se podrán utilizar como complemento a la cartografía IGAC, siempre y cuando la resolución (píxeles) del dato ráster sea lo suficientemente fino (igual o inferior a 12.5 x 12.5 m) para definir la red de corrientes que atraviesan el corredor.

Registros Hidroclimatológicos

Se obtendrán los registros de las estaciones hidrometeorológicas existentes en el área del proyecto. Se deben obtener los registros históricos completos, y no limitarse a los últimos años. En todo caso el consultor debe asegurar que la serie histórica analizada presente registros de los años en que se haya presentado las mayores olas invernales en el país por los fenómenos inducidos por el cambio climático.

Suelos y Cobertura Vegetal

En caso de que el Consultor emplee métodos lluvia-escorrentía en la obtención de caudales máximos, deberá realizar la caracterización de los suelos y coberturas vegetales de las cuencas, de manera que se justifiquen los coeficientes de pérdidas de precipitación asignados.

2.4. METODOLOGÍA

El consultor deberá presentar la metodología y las ecuaciones para la modelación hidrológica, sustentando la selección del software utilizado, de acuerdo con lo descrito en el MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS del INVÍAS o el equivalente que se encuentre vigente a la fecha de los estudios.

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

La metodología debe contener como mínimo los siguientes aspectos:

- Análisis climatológicos del área aferente de cada corredor considerando los análisis temporales y espaciales de los parámetros más relevantes entre otros precipitación, temperatura y humedad relativa, etc.

- Determinar la localización de las obras de drenaje mayores, menores y subdrenaje, como resultado del análisis de las condiciones topográficas, geomorfológicas, hidráulicas y de diseño geométrico del corredor vial. La georreferenciación, abscisado y los niveles de las obras de drenaje mayores y menores deberán presentarse en concordancia con las rasantes y planta del diseño geométrico.

- Con estos estudios se determinará las cuencas, subcuencas y/o drenajes que atravesará el corredor vial, analizando las características de las cuencas como son área, longitud y pendiente del cauce principal, uso actual y tipo de suelo entre otros.

- Así mismo, se definirán, las curvas intensidad duración frecuencia (IDF) aplicables a cada una de las cuencas y/o corrientes y se calcularán los caudales hasta el sitio aproximado de cruce, con los cuales se diseñarán las obras de drenaje mayores y menores y las obras de protección necesarias para el proyecto.

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 justificar las ecuaciones utilizadas estableciendo sus ventajas y criterios de selección.

Se presentarán los resultados intermedios y finales de las metodologías de cálculo empleadas en los análisis de los fenómenos de lluvia, caudal, etc., indicando finalmente el método de predicción y valores adoptados. Esta labor es de importancia, puesto que cuantifica un fenómeno que incide directamente en el dimensionamiento de las obras.

2.4.1 ANÁLISIS DE LLUVIAS Y CLIMATOLÓGICO

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.

El Consultor deberá realizar el análisis de frecuencias hidrológicas donde estimará 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 otras podrá utilizar la de tipo Gumbel y Log-Pearson Tipo III, que para el caso de valores extremos que son las distribuciones más utilizadas en el ámbito hidrológico.

El Consultor deberá calcular las Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia para la aplicación del método racional cuyo uso está limitado a cuencas con área de drenaje hasta de 2.5 Km2. Estas se pueden deducir para diferentes periodos de retorno ya sea por el método simplificado establecido en el MANUAL DE DRENAJE DE CARRETERAS del INVÍAS vigente a la fecha de los estudios, o a partir de los registros pluviográficos (pluviogramas) de la estación pluviográfica representativa del proyecto. La determinación de los periodos de retorno con los cuales se deben calcular el tipo de estructura está en función del tipo de estructura y de lo establecido en el MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS del INVÍAS o su equivalente que se encuentre vigente al momento de los estudios.

- Hidrología para análisis de estabilidad de taludes en zonas críticas

Con la información climatológica definida, y si así se requiere para el análisis de estabilidad de taludes, el Consultor deberá evaluar los aspectos de precipitación que detonen las condiciones de las zonas de inestabilidad de los taludes naturales, determinados en los volúmenes de Geología y estabilidad de taludes, utilizando la metodología más representativa para las condiciones locales, la cual deberá ser aprobada por la Interventoría y el INVÍAS.

- Hidrología para zonas de inundación

Se debe considerar además la hidrología para los terraplenes en las planicies de inundación.

- Hidrología para sostenibilidad

Adicionalmente, el Consultor evaluara los aspectos hidrológicos que proporcionen información referente a cambio climático y eventos extremos, en el marco de los estudios de sostenibilidad.

2.4.2 ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS

En el caso que la corriente a analizar disponga de una estación hidrométrica con registros históricos de caudales máximos instantáneos, el Consultor deberá realizar el análisis de frecuencias o probabilidad de ocurrencia de eventos, obteniendo los valores máximos de caudal para diferentes periodos de retorno. Para tal efecto se debe realizar el análisis estadístico de datos hidrológicos y utilizar las distribuciones de probabilidad que más se ajusten a la

información. Podrá utilizar, entre otras, la de tipo Gumbel y Log-Pearson Tipo III, las cuales son las más utilizadas en el ámbito hidrológico para valores extremos.

En aquellos casos donde la estación hidrométrica sobre la corriente de agua que cruza la vía que se estudia no se encuentre en el sitio de cruce, sino en la misma hoya hidrográfica, en otra ubicación, el Consultor podrá realizar transposición de datos de caudal 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.

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

En ausencia de registros de caudales en las corrientes cruzadas por los corredores viales, los caudales de dimensionamiento para los diferentes periodos de recurrencia se obtendrán a partir de modelos lluvia – escorrentía, análisis regional de caudales máximos instantáneos anuales aplicando metodologías debidamente soportadas y que utilicen al máximo parámetros físico-climáticos de la región.

Los caudales de dimensionamiento, para cada fuente 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 Métodos de Regionalización de Crecidas elaborados específicamente para el proyecto, por Entidades Públicas o de investigaciones académicas). En todos los casos el método seleccionado deberá cumplir con las limitaciones de uso con que fue concebido, así como con la restricción del área de la cuenca establecido en el Manual de Drenaje de Carreteras del INVÍAS, que se encuentre vigente.

La aplicación de cualquiera de las anteriores metodologías debe reflejar los criterios de cambio climático considerados por el Consultor.

El Consultor además de utilizar como documento guía el MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS del INVÍAS, que se encuentre vigente en el momento de los estudios, 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.

2.4.3 SOFTWARE Y PROGRAMAS DE COMPUTADOR

Deberá implementarse la metodología BIM, *Building Information Modeling,* que es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, la cual permite detectar y subsanar en tiempo real posibles inconsistencias, interferencias, y conflictos entre especialidades. El Consultor deberá implementar BIM, realizando la modelación en un software BIM definido por el mismo en el Plan de Ejecución BIM (BEP), y gestionar dicha

información en un Entorno Común de Datos (CDE) que facilite la comunicación entre las partes durante el desarrollo del proyecto y donde puedan consignarse documentos como las actas de reunión, actas técnicas, y demás documentos requeridos para la correcta ejecución del contrato.

CAPÍTULO 3. DIMENSIONAMIENTOS HIDRÁULICOS

3.1 OBJETIVO

El objetivo de los estudios hidráulicos es el dimensionamiento de las estructuras hidráulicas para captación, transporte y disposición eficiente de los caudales superficiales y subsuperficiales obtenidos en el estudio hidrológico, que puedan afectar la estabilidad de la vía seleccionada.

3.2 CRITERIOS DE DISEÑO

Adicional a los criterios de capacidad hidráulica propiamente, para el análisis y dimensionamiento de obras es necesario considerar los siguientes criterios:

- Criterios de sostenibilidad

En los diseños hidráulicos se deberán considerar los criterios de sostenibilidad, tales como pasos de fauna y otros que sean factibles de implementar relacionados con los lineamientos nacionales de la Infraestructura Vial Verde.

- Criterios de seguridad vial

El Consultor deberá realizar el análisis del Drenaje de la Corona para evitar o controlar el fenómeno de hidroplaneo, así como la proyección de estructuras (cajas y cabezotes de alcantarillas y bordillos) que no se constituyan en obstáculo o elemento de peligro para el tráfico vial y peatonal de la vía.

- Criterios para estabilidad geotécnica

Para los taludes y sitios críticos y/o zonas inestables en el corredor objeto de estudio, se deberán proyectar todas aquellas obras de drenaje requeridas para el control y disposición de aguas de escorrentía y subsuperficiales, así como determinar la posible socavación causada por cursos de agua paralelos a la vía.

- Criterios para zonas inundables

A partir de análisis geomorfológicos y análisis hidráulicos, el Consultor deberá establecer los niveles máximos en zonas de cruce y donde la vía se desarrolle paralela a corrientes de agua. Los niveles máximos deberán corresponder a un período de retorno aprobado por la Interventoría y el INVÍAS.

- Criterios para el diseño de puentes

Establecer las características hidrológicas y los factores de la dinámica fluvial del rio, que permitan definir las dimensiones y ubicación de los elementos del nuevo puente, en función de la seguridad, amenaza y posible vulnerabilidad de la nueva infraestructura, para limitar de manera adecuada estas tres (03) últimas condiciones. Por otra parte, debe establecer a través del diseño el manejo de escorrentía superficial y flujo subsuperficial para garantizar la estabilidad de la infraestructura propia del puente y complementaria a dicha estructura. El Consultor deberá incluir en el documento las condiciones especiales del subsuelo y, niveles máximos de agua, niveles mínimos del tablero del puente, profundidades de socavación, profundidad mínima recomendable para la ubicación de la cimentación y recomendaciones de obras de protección necesarias, para ser desarrolladas en el capítulo estructural. Adicionalmente deberá identificar los puentes que cruzan ríos navegables y al menos se deben estimar los gálibos aéreos para cruce de embarcaciones.

Los análisis hidráulicos y de socavación deberán realizarse para los caudales de diseño y verificación establecidos respectivamente en el MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS del INVÍAS, 2009 y la Norma Colombiana de diseño de Puentes CCP 14, o su equivalente que se encuentren vigentes al momento de los estudios.

- Criterios para obras complementarias

Establecer las obras de drenaje en las zonas de depósito de materiales sobrantes de excavación y en todos aquellos sitios que el proyecto vial lo requiera.

3.3 INFORMACIÓN BASE

3.3.1 INFORMACIÓN PRIMARIA

Levantamiento Batimétrico

En el caso de las obras mayores, no se aceptarán resultados de tecnología Lidar, por lo que es necesario realizar para cada corriente el respectivo levantamiento batimétrico, el cual consistirá en un mínimo en 3 secciones del cauce, una de ellas se efectuaran aguas arriba, uno por el eje del puente y unas aguas abajo, así como la medición de la pendiente hidráulica de la corriente, acorde a los requerimientos de la sección 4.5.3.1. del MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS del INVÍAS, 2009 o su equivalente que se encuentre vigente al momento de los estudios.

Adicionalmente, se presenta la necesidad de ejecución de levantamientos batimétricos en zonas donde la vía transcurre paralela a corrientes de gran tamaño, donde pueda existir el riesgo de inundación o la necesidad de obras de protección. En estos casos, el número de secciones a levantar deberá ser aprobado por la Interventoría y por el INVÍAS.

La selección de los equipos para la ejecución de batimetrías dependerá de la información requerida por el consultor, quien deberá sustentar la necesidad de dichos trabajos y presentar el procedimiento y/o metodología aplicable.

Muestras de Material del Cauce

El Consultor deberá tomar muestras y caracterizar el material del cauce y orillas de las corrientes de obras mayores, información a partir de la cual determinará los coeficientes de rugosidad a emplear en los análisis hidráulicos.

3.3.2 INFORMACIÓN SECUNDARIA

El Consultor podrá emplear aerofotografías, imágenes de satélite, estudios previos y cualquier otra información que considere necesaria para la ejecución de los Estudios.

3.4 METODOLOGÍA

3.4.1 GEOMORFOLOGÍA – DINÁMICA FLUVIAL

Los estudios geomorfológicos definirán las geoformas susceptibles de inundación y la dinámica evolutiva de las corrientes de una zona en general, así como los procesos fluviales predominantes de erosión o sedimentación en el cauce y orillas, con el objetivo de ubicar y adoptar las obras de prevención, control y corrección más convenientes.

En aquellos casos donde el corredor vial discurra próximo a una corriente importante que pueda afectar su estabilidad o en la implantación de nuevos puentes, el Consultor deberá realizar un análisis multitemporal de las condiciones morfológicas para determinar la migración lateral de la corriente dentro de su llanura aluvial y diseñar las obras de prevención y protección necesarias para evitar el daño de la vía. Para tal efecto el Consultor deberá utilizar aerofotografías, imágenes de satélite, estudios previos y demás información que le permita realizar un análisis multitemporal del comportamiento de los cauces, así como determinar el material y estabilidad de orillas y los procesos geomorfológicos y fluviales predominantes en la corriente.

Se debe determinar el efecto de las inundaciones sobre la infraestructura vial y propiedades adyacentes y los efectos de los cambios en la geomorfología natural de las corrientes, como resultado de las estructuras propuestas.

3.4.2 OBRAS MENORES

Se determinarán las características geométricas de las obras transversales: sección, pendiente, longitud y posición con respecto al proyecto vial y el tipo de funcionamiento hidráulico en los aspectos de: niveles en la entrada (Hw) de la estructura de acuerdo con el tipo de control (de entrada, o salida) imperante, y las velocidades dentro del conducto y a la salida, las cuales deberán ajustarse a los criterios del MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS del INVÍAS, que se encuentre vigente.

El Consultor deberá diseñar todas las alcantarillas, cunetas, zanjas de coronación, canales, estructuras de entrada y salida, y plasmar en planos los diseños específicos de cada sitio particular con sus cotas y coordenadas.

- Obras menores para sitios críticos

Así mismo deberá diseñar todas las estructuras de hidráulicas requeridas para garantizar la estabilidad de las laderas (canales, estructuras de caída escalonadas, rápidas lisas, escalonadas combinadas, etc.)

- Obras hidráulicas menores para ZODMES

El Consultor deberá diseñar el sistema hidráulico para los ZODMES, tales como sistemas de subdrenaje en espina de pescado, canales perimetrales y demás estructuras hidráulicas que permitan el drenaje del lleno.

- Obras hidráulicas menores para sostenibilidad

Si desde el concepto de sostenibilidad, se requiere incorporar en las obras menores diseños estratégicos de conectividad ecosistémico, se efectuarán las adaptaciones en las mismas, para permitir la conectividad de los diferentes hábitats inicialmente impactados por el proyecto.
Para su diseño el Consultor utilizará como documento guía el MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS del INVÍAS, que se encuentre vigente, así mismo podrá utilizar otras referencias bibliográficas ampliamente utilizadas en el medio.

3.4.3 HIDRÁULICA DE OBRAS MAYORES

Los análisis hidráulicos de las obras mayores se realizarán de acuerdo con lo establecido en el MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS del INVÍAS o su equivalente vigente a la fecha de los estudios, capítulos correspondientes a Drenaje Superficial - Puentes.

Entre otros el Consultor con sus especialistas evaluará y justificará la localización del puente, igualmente cuantificará los caudales de diseño para diferentes periodos de retorno, realizará los levantamientos topográficos y batimétricos, los estudios de suelos para caracterizar la granulometría del lecho con la cual se determinará la rugosidad de la corriente y el diámetro representativo del material de lecho con el cual se calculará la socavación general y local si se trata de material granular o el parámetro que se requiera en los casos que se trate de material cohesivo; analizará y evaluará la dinámica del río y la presentarán a escala 1:10.000 o menor, así como el impacto aguas arriba y abajo generado por el puente, las distribuciones del flujo y velocidad cuantificando la socavación potencial (general más local) para ser considerado en los análisis de cimentación de la infraestructura; modelarán las crecientes definidas para los diferentes periodos de retorno mediante la utilización de software tipo HEC-RAS o similar para determinar los niveles máximos esperados en el cauce o por la planicie de inundación cuando la corriente no presente la capacidad hidráulica suficiente para transitar la creciente que se adopte de diseño. De estos análisis se establecerá el gálibo requerido para la localización de la superestructura del puente.

En caso de requerirse en las obras mayores de drenaje, se debe proveer estructuras de alivio y de protección cuando se interfiera el flujo durante las inundaciones o cuando se reduzca la capacidad hidráulica.

Para el caso de puentes que crucen corrientes navegables, se deberá adelantar los análisis necesarios que conlleven a determinar el gálibo aéreo requerido para la embarcación de diseño, según corresponde al tránsito de embarcaciones de carga o pasajeros o las dos. Para definir estos aspectos se deberán adelantar las consultas a que haya lugar ante Entidades como el MT, DIMAR, Inspecciones Fluviales, o aquellas que tengan competencia con la navegación fluvial o marítima, según sea el caso.

Para su diseño el Consultor utilizará como documento guía el MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS del INVÍAS, que se encuentre vigente, así mismo podrá utilizar otras referencias bibliográficas ampliamente utilizadas en el medio.

3.4.4 SUBDRENAJE

El estudio contemplará un análisis del subdrenaje primordialmente en todos los sitios donde haya evidencia de agua subterránea. El Consultor deberá garantizar la evacuación del agua existente en el suelo o la infiltrada para dar estabilidad a la estructura del pavimento y a los taludes de la vía.

Se presentarán recomendaciones y diseños dimensionamientos específicos para cada sitio donde el corredor vial lo requiera, ya sea sobre los taludes aferentes a la vía y/o en la calzada. Así como en las zonas de disposición de sobrantes de excavación, zonas proyectadas para campamentos, fuentes de materiales, zonas de acopio, etc.

Entre otros el Consultor deberá dimensionar filtros longitudinales, drenes horizontales – transversales – longitudinales, pozos verticales de alivio, drenajes y/o filtros de muros de contención, galerías y trincheras drenantes, según el tipo de obras y soluciones propuestas para el proyecto.

El Especialista Hidráulico del Consultor deberá trabajar este capítulo con el Hidrogeólogo, Geólogo, y los especialistas en Geotecnia y Pavimentos.

Para su diseño el Consultor utilizará como documento guía el MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS del INVÍAS, que se encuentre vigente, así mismo podrá utilizar otras referencias bibliográficas.

3.4.5 DRENAJE DE LA CORONA

El Consultor deberá garantizar la evacuación rápida y eficiente del agua que cae sobre ella, con el fin de brindar seguridad y comodidad a los conductores.

Entre otros, el Consultor a través de sus especialistas en Diseño Geométrico, Pavimentos e Hidráulica, deberá evaluar en el diseño geométrico que se reduzcan las trayectorias de agua que fluyen sobre la calzada para impedir que las películas de agua presenten un espesor que cause inconvenientes. El Especialista en Hidráulica deberá calcular y diseñar las estructuras de drenaje (cunetas, canales, bordillos, drenes y/o filtros transversales) que garanticen la evacuación y manejo eficiente del agua proveniente de la corona.

El Consultor utilizara para dicho cálculo, las metodologías propuestas en el MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS del INVÍAS, que se encuentre vigente a la fecha de los estudios, o en su defecto las que considere más apropiadas para el tipo de proyecto específico y justificarlas.

3.4.6 PLANICIES DE INUNDACIÓN

Para los casos en que la alternativa seleccionada discurra por zonas inundables, el Consultor deberá adelantar los análisis hidrológicos e hidráulicos a que haya lugar que conlleven a definir la altura del terraplén para diferentes periodos de retorno, de tal manera que, considerando la categoría de la vía, a partir de los análisis técnicos, económicos y ambientales, se adopte para un periodo de retorno la altura de terraplén.

CAPÍTULO 4. ESTUDIOS DE SOCAVACIÓN

4.1 OBJETIVO

Los estudios de socavación consistirán en determinar las profundidades máximas de tipo erosivo inducidas por las corrientes y por las diferentes estructuras.

4.2 CRITERIOS DE DISEÑO

Los análisis de socavación deberán enmarcarse en los procesos de hidráulica fluvial de la corriente, así como contrastarse con los perfiles estratigráficos determinados para el puente.

4.3 INFORMACIÓN BASE

4.3.1 INFORMACIÓN PRIMARIA

El Consultor deberá caracterizar el lecho de la corriente a nivel superficial y subsuperficial a partir de la toma directa de muestras de sólidos de fondo, así como a partir de las perforaciones ejecutadas para el análisis de fundación de la estructura.

Igualmente se emplearán las secciones transversales del cauce tomadas en la batimetría del proyecto.

4.3.2 INFORMACIÓN SECUNDARIA

El Consultor podrá emplear aerofotografías, imágenes de satélite, estudios previos y cualquier otra información que considere necesaria para la ejecución de los Estudios.

4.4 METODOLOGÍA

4.4.1 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE CAMPO

El Consultor presentará el análisis del sitio seleccionado, conociendo además de la información base primaria y secundaria, las alturas de creciente, las líneas y velocidades de flujo, coeficientes de rugosidad, caudales, con el objeto de aplicar las fórmulas más adecuadas que permitan obtener las profundidades críticas del fenómeno.

4.4.2 APLICACIÓN DE LAS TEORÍAS DE SOCAVACIÓN

El consultor presentará las fórmulas más adecuadas a la morfología de la zona que permitan conocer la profundidad de socavación, a todo lo ancho del lecho, en la zona definida de influencia, en el lugar seleccionado para la implantación de la obra, y/o en un punto en particular donde exista un obstáculo y/o en sus orillas.

Los resultados obtenidos deberán ser analizados y contrastados con los análisis geomorfológicos y los perfiles estratigráficos de la zona.
Para los valores de socavación máxima se recomendarán y diseñarán las obras de control y protección.

Para su diseño el Consultor utilizará como documento guía el MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS vigente del INVÍAS, así mismo podrá utilizar otras referencias bibliográficas

CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y MEMORIAS DE CÁLCULO

El Consultor deberá presentar un resumen sucinto de todos los resultados encontrados a través del estudio, principalmente aquellos que requieran de su utilización en otras especialidades o que generen conclusiones inmediatas.

Como parte del resumen solicitado se debe presentar un listado de las obras mayores y menores necesarias para el correcto drenaje del corredor tanto transversales como longitudinales (cunetas, zanjas de coronación, filtros, estructuras de encole y descole, estructuras de disipación) debidamente abscisadas y georreferenciadas tanto en planimetría como altimétricamente. Así mismo de ser el caso se concluirá sobre las zonas inundables y las acciones o correctivos que se deban tomar.

El consultor estará obligado a entregar todas las memorias de cálculo, así mismo, entregará los registros del IDEAM o entidad que suministre la información hidro climatológica, los planos del IGAC, 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, tales como planicies de inundación, en el caso de ríos navegables, el gálibo aéreo requerido por las embarcaciones analizadas para el cruce de puentes, etc.

Productos entregables

Los documentos para entregar se presentan a continuación:

• Informe con todos los criterios empleados en el estudio.
• Anexos con la información que soporta el estudio, conteniendo los cálculos, los modelos empleados y los listados de obra.
• Planos.

Los planos esenciales adjuntos al estudio serán los siguientes:

• Planos con la localización de las cuencas, microcuencas y/o áreas aferentes delimitadas. Escala 1:25.000
• Planos con la cobertura de la tierra y suelos característicos de las cuencas, microcuencas y/o áreas aferentes delimitadas. Escala 1:25.000
• Planos con la localización de las estaciones hidroclimatológicas empleadas en el estudio y polígonos de Thiessen si se aplica esta metodología. Escala 1:25.000
• Planos de geomorfología y dinámica fluvial. Escala 1:5.000
• Planos planta perfil de diseño geométrico con la ubicación de las obras hidráulicas mayores, menores y de subdrenaje, con sus características principales de localización y dimensionamiento. Escala 1:1.000 o en la que se presenten los diseños geométricos de la vía.
• Planos de detalle de estructuras hidráulicas. Escala 1:100 o mayor.
• Plano de detalle planta-perfil por obra transversal. Escala 1:100

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Consultor debe presentar en forma clara las conclusiones y recomendaciones a que llegó el estudio, indicando las precisiones de éste, de igual manera las sugerencias o aportes que genera el estudio para ser tenidas en cuenta antes, durante la construcción, y durante la etapa de operación.

DIBUJO DE PLANOS

Deberá implementarse la metodología BIM, *Building Information Modeling,* que es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, la cual permite detectar y subsanar en tiempo real posibles inconsistencias, interferencias, y conflictos entre especialidades. El Consultor deberá implementar BIM, realizando la modelación en un software BIM definido por el mismo en el Plan de Ejecución BIM (BEP), entregando los

modelos tanto en formato nativo como interoperable IFC, además de entregar los planos en formatos DWG y PDF. Los planos en sus formatos deberán tener una expresión y escala adecuada de tal manera que todo el contenido de los planos sea claro y legible, además de estar completos y acordes a lo establecido en la NTC 1580 DIBUJO TECNICO ESCALAS.

2.10. VOLUMEN X. PREDISEÑO DE PAVIMENTOS

El informe final deberá contener como mínimo los siguientes capítulos:

CAPITULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA
CAPITULO 3. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN
CAPITULO 4. TRÁNSITO DE DISEÑO
CAPITULO 5. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE
CAPITULO 6. FUENTES DE MATERIALES – CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES
CAPÍTULO 7. PREDISEÑO DE PAVIMENTOS
CAPITULO 8. SECCIONES TRANSVERSALES
CAPITULO 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
ANEXOS

CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES

1.1 OBJETIVO

Determinar, de manera preliminar, las estructuras de pavimento para cada uno de los tramos homogéneos del proyecto. Para desarrollar esta tarea, se deberá contar con:

- Información secundaria recopilada y analizada.
- Información primaria obtenida de exploraciones y ensayos realizados en el proyecto, para complementar la información secundaria.

1.2 ALCANCES

- Identificar las características generales de los materiales que conforman la subrasante en toda la longitud del proyecto, a partir de los resultados de los estudios geológicos y geotécnicos. Con las características identificadas, subdividir el proyecto por unidades homogéneas de diseño.
- Estimar los parámetros de resistencia de la subrasante para el prediseño de la estructura del pavimento, con base en el análisis de la información existente y datos bibliográficos.
- Realizar exploraciones de campo y ensayos de laboratorio para complementar la información secundaria.

- Recopilar la información existente sobre fuentes de materiales localizadas en el proyecto y efectuar un reconocimiento a las mismas, para conocer sobre su utilización, disponibilidad, métodos de explotación, registro de ensayos, licenciamiento, accesos.
- Sobre muestras tomadas de las fuentes de materiales, realizar ensayos relacionados con las propiedades de origen que se exigen en las Especificaciones de Construcción del INVÍAS.
- Analizar varias alternativas de estructura de pavimento que resulten factibles para las condiciones del proyecto, haciendo énfasis en el mejor aprovechamiento de los materiales disponibles en la zona del proyecto.
- Proponer, dentro de las alternativas analizadas, las estructuras de pavimento más apropiadas para el proyecto, definiendo los espesores y materiales de cada capa.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

Al comienzo de los trabajos, el Consultor debe elaborar la metodología de trabajo ajustada al proyecto que incluya las precisiones técnicas que sean relevantes, tales como: metodología de exploración, ensayos, sistemas de pavimentos, métodos de diseño a emplear, parámetros de diseño, información de entrada, entregables, etc., la cual debe ser aprobada por la Interventoría.

La metodología de trabajo debe ser coherente con los plazos contractuales, el Cronograma de Actividades y el Programa de Inversiones.

2.1 SOFTWARE Y PROGRAMAS DE COMPUTADOR

Deberá implementarse la metodología BIM, *Building Information Modeling,* que es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, la cual permite detectar y subsanar en tiempo real posibles inconsistencias, interferencias, y conflictos entre especialidades. El Consultor deberá implementar BIM, realizando la modelación en un software BIM definido por el mismo en el Plan de Ejecución BIM (BEP), y gestionar dicha información en un Entorno Común de Datos (CDE) que facilite la comunicación entre las partes durante el desarrollo del proyecto y donde puedan consignarse documentos como las actas de reunión, actas técnicas, y demás documentos requeridos para la correcta ejecución del contrato.

CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN

Este capítulo deberá contener una recopilación y análisis de toda la información que represente alguna utilidad para el proyecto. También deberán consultarse los archivos de otras Entidades gubernamentales o privadas que tengan que ver con la carretera en estudio.
La información que se consulte hace referencia principalmente a los siguientes aspectos: geología, topografía, geotécnica, fuentes de materiales, drenaje y sub- drenaje, tránsito, factores ambientales, asfaltos, diseño de mezclas y diseño de pavimentos.

En cuanto a los materiales de pavimentos, se debe recopilar información de módulos dinámicos de materiales, leyes de fatiga de mezclas asfálticas, ensayos de caracterización de granulares que resulte aplicable para el proyecto.

CAPÍTULO 4. TRÁNSITO DE DISEÑO

La estimación del parámetro de tránsito de diseño se hará a partir de las proyecciones de vehículos que arroje el Estudio de Tránsito. Adicionalmente, a las proyecciones del Estudio de Tránsito, se deberá estimar el tránsito de construcción a partir del plan de construcción que se elabore para el proyecto.
El componente del tránsito de construcción puede ser crítico, en particular en vías de bajos niveles de tránsito, llegando en ocasiones a superar a los otros componentes del tránsito. Cuando los análisis indiquen que el tránsito de construcción incide significativamente en el dimensionamiento de las estructuras de pavimento se debe, en lo posible, ajustar el plan de construcción de la vía de manera tal que este tránsito circule lo menos posible sobre los tramos que van siendo terminados.

Dependiendo de los métodos de análisis de pavimentos, el parámetro de tránsito por determinar será:

- Número acumulado de ejes equivalentes, tomando como eje de referencia el eje estándar (eje simple de llanta doble) de 80 kN.
- Espectro de cargas: número de repeticiones de cada tipo de eje, con cada nivel de carga.

Se deberá realizar una investigación sobre la existencia de pesajes de vehículos de carga en la zona; si existen, se debe emplear esta información para la estimación de los espectros de cargas y los factores daño de los vehículos comerciales (FDV).

La determinación de los factores daño (FDV) para el cálculo de los ejes equivalentes deberá hacerse utilizando las formulaciones incluidas en los respectivos manuales de pavimentos del INVÍAS.
El período de diseño deberá escogerse siguiendo las indicaciones de los manuales de pavimentos del INVÍAS.

CAPÍTULO 5. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE

Con base en el análisis de la información existente, de los resultados de los estudios geológicos y geotécnicos realizados y de los resultados obtenidos en las exploraciones de campo y ensayos de laboratorio, se deberá elaborar un perfil aproximado de los suelos de subrasante a lo largo del proyecto en el cual se definirán unidades homogéneas de diseño.

Una unidad homogénea de diseño es un tramo de vía en la cual las características geológicas, geotécnicas, de drenaje natural y las condiciones climáticas y topográficas presentan una razonable uniformidad. De igual manera, la unidad requiere uniformidad en tránsito de diseño.

Para cada unidad homogénea de diseño, se deben estimar los parámetros de resistencia de la subrasante para el prediseño de la estructura del pavimento, con base en el análisis de la información existente y datos bibliográficos, complementado con información primaria recolectada por medio de exploraciones de campo y ensayos de laboratorio; se deberá verificar que los parámetros de resistencia adoptados sean razonables para los tipos de suelos identificados.

5.1 TRABAJOS DE CAMPO

La exploración de la subrasante se debe realizar por medio de sondeos (manuales o mecánicos) y/o apiques. En el caso de sondeos, el equipo de perforación debe permitir la toma de muestras de tamaño suficiente para poder identificar y caracterizar apropiadamente los diferentes estratos de suelo.

El espaciamiento y la profundidad de las exploraciones depende del tipo de proyecto, de su longitud y de las características de los suelos en cada sitio. Por lo tanto, no es posible establecer reglas fijas para todos los proyectos.

En la **Tabla 5** se dan unos valores sugeridos para el espaciamiento de las exploraciones en función de la categoría de tránsito para esta etapa de los estudios, que podrán ser adaptados a las condiciones particulares de cada proyecto; la profundidad debe ser, como mínimo, 1.5 metros a partir de la cota de subrasante.

***Tabla 5** – Espaciamiento de las exploraciones para la etapa de prefactibilidad.*

CATEGORÍA DE TRÁNSITO	ESPACIAMIENTO LONGITUDINAL MÁXIMO, m
NT1	2,000.
NT2	1,000.
NT3	500.

5.2 TOMA DE MUESTRAS

De cada exploración, se tomarán muestras alteradas e inalteradas con suficiente frecuencia (al menos una por tipo de suelo y/o con separación máxima de 50 cm) con herramientas que aseguren la conservación de su estructura y contenido de humedad de acuerdo con las normas INV E-105, E-109 y E-112. Las muestras deben ser adecuadamente empacadas, selladas, referenciadas y almacenadas para prevenir cambios de humedad y permitir la sistematización de los procesos de laboratorio, todo de acuerdo con lo establecido por la norma INV E-103.

5.3 ENSAYOS DE CAMPO

En sitios donde las cotas de subrasante sean relativamente superficiales, se deben realizar pruebas de penetrómetro dinámico de cono, PDC, norma INV E-172, a partir de la cota de subrasante hasta mínimo 1.0 m de profundidad. Los sondeos deben ser de un diámetro adecuado para poder manipular el equipo y realizar cómodamente la prueba.

En los apiques, también podrán hacerse ensayos con el deflectómetro de impacto liviano (LWD), norma ASTM E2583 "Standard Test Method for Measuring Deflections with a Light Weight Deflectometer (LWD)", para medir la respuesta dinámica de los suelos de subrasante y determinar su módulo resiliente.

5.4 ENSAYOS DE LABORATORIO GENERALES

Los ensayos obligatorios en esta etapa son los básicos para clasificar los suelos, humedad natural, límites líquido y plástico, granulometría o contenido de finos. Además, se debe medir alguno de los índices que permite detectar de manera confiable el potencial de cambio volumétrico del suelo, según los criterios establecidos en la norma INV E-132.

5.5 REGISTROS DE CAMPO DE LAS EXPLORACIONES

De cada exploración se elaborará un registro de campo que contenga, como mínimo, la siguiente información:

- Localización.
- Perfil estratigráfico, con la descripción e identificación visual de los suelos, según la norma de ensayo INV E-102.
- Profundidad y tipo de las muestras tomadas.
- Registro de ensayos de campo.
- Registro fotográfico, en el cual se pueda observar fecha, muestras, localización, número de la exploración.

La **Tabla 6** presenta los ensayos mínimos que se deben realizar en la exploración general de la subrasante.

Tabla 6 *– Ensayos mínimos para los suelos de subrasante*

ENSAYO	NORMA INV
Gravedad específica.	E-128, 222 o 223
Humedad natural.	E-122
Límite líquido.	E-125
Límite plástico.	E-126
Granulometría.	E-123
%Pasa tamiz de 75µm (Tamiz No 200).	E-214

ENSAYO	NORMA INV
Contenido de materia orgánica.	E-121 o UNE-103204
CBR de laboratorio, con % de expansión.	E-148

Las muestras de suelos se clasificarán utilizando según los sistemas SUCS (INV E-181) y AASHTO (INV E-180).

5.6 ENSAYOS DE LABORATORIOS ESPECIALES

Como parte de los análisis del posible el aprovechamiento de los materiales que se encuentra in situ en el corredor se ejecutarán ensayos de laboratorio para la caracterización completa de estos materiales, incluyendo pruebas de estabilización.

5.7 PERFILES ESTRATIGRÁFICOS Y RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS

Dando cobertura a toda la longitud del proyecto, A partir de los registros de campo, y empleando los resultados de los ensayos de laboratorio, se elaborarán perfiles estratigráficos por apique o sondeo, debidamente referenciados y con una descripción clara de los suelos encontrados, mencionando la descripción de los suelos y su clasificación, presencia de sobre tamaños, materia orgánica, color, resistencias in - situ, entre otros. Se debe mencionar la presencia o no del nivel freático.

Además, se debe generar una tabla resumen de ensayos y clasificación de suelos que permita condensar la caracterización geotécnica obtenida.

Se debe incluir una localización de la exploración geotécnica georreferenciada con coordenadas y abscisas en lo posible, postes de referencia (PR) o señales de localización si los hay, y otros detalles relevantes como poblaciones, sitios de interés, construcciones, accidentes notorios del terreno, vegetación particular.

De cada exploración, se debe incluir un registro fotográfico en el cual se muestre el número de la exploración, la localización, la fecha de ejecución y las muestras tomadas.

CAPÍTULO 6. FUENTES DE MATERIALES – CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

Para caracterizar los materiales de las fuentes disponibles para el proyecto y establecer su uso en las estructuras de pavimento, se deberán realizar los ensayos relacionados con las propiedades de origen que se exigen en las especificaciones de construcción del INVÍAS, como son:

- Petrografía.
- Dureza.
- Durabilidad.
- Adherencia a los asfaltos.
- Características químicas.
- Limpieza (contenido de materia orgánica).

Se deberá proponer un plan tentativo de utilización de estas fuentes de materiales.

CAPÍTULO 7. PREDISEÑO DE PAVIMENTOS

Para cada unidad homogénea de diseño, se deberán analizar varias alternativas de pavimento que resulten factibles para las condiciones del proyecto, haciendo énfasis en el mejor aprovechamiento de los materiales disponibles.

Las alternativas deberán ser evaluadas y comparadas para seleccionar las estructuras de pavimento más apropiadas para cada sector homogéneo.

7.1 PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES BÁSICAS DE PAVIMENTOS

Contendrá un estudio y análisis completo de mínimo dos (2) alternativas estructurales, definidas de acuerdo con las metodologías de los manuales y guías de diseño de pavimentos vigentes del INVÍAS.
Si los resultados de los estudios encuentran que hay escasez de agregados de buena calidad en la zona para la construcción de bases y subbases granulares, las soluciones básicas deben contemplar alternativas con bases y/o sub-bases estabilizadas.

7.2 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS CON APROVECHAMIENTO ÓPTIMO DEL MATERIAL EXISTENTE EN EL CORREDOR

Con el fin de analizar el aprovechamiento óptimo de los materiales existentes en el corredor, se deberán plantear de mínimo dos (2) alternativas estructurales adicionales, contemplando:

- Aprovechamiento de los mejores materiales presentes en el corredor (materiales seleccionados o adecuados según las especificaciones INVÍAS, Artículo 220) para mejorar la capacidad de soporte de la subrasante y reducir los espesores de las capas estructurales.
- Aprovechamiento de los materiales de la subrasante y otros presentes en el corredor mediante estabilización, con el objeto de mejorar la capacidad de soporte de la subrasante y reducir los espesores de las capas estructurales.
- Aprovechamiento de los mejores materiales presentes en el corredor mediante estabilización para construir algunas de las capas estructurales del pavimento (base y/o sub-base).

Las alternativas de estabilización por considerar deben estar dentro de las incluidas en las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVÍAS.

7.3 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS PARA REDUCCIÓN DEL USO DE AGREGADOS

Con el fin de evaluar la posibilidad de reducir al máximo el uso de agregados en las estructuras de pavimento (reducción de uso de recursos naturales), se deben plantear mínimo dos (2) alternativas estructurales contemplando la posibilidad de mejorar sustancialmente la capacidad de soporte de la subrasante por medio de técnicas como: uso de geosintéticos o estabilización de los suelos de la subrasante.

Las alternativas de estabilización por considerar deben estar dentro de las incluidas en las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVÍAS.

7.4 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Las diferentes alternativas propuestas, que deben ser técnicamente equivalentes, serán evaluadas por medio de una matriz multicriterio, teniendo en cuenta criterios técnicos, funcionales, económicos, ambientales y de sostenibilidad para establecer la relación veneficio/costo y, finalmente, escoger las mejores soluciones para cada unidad homogénea de diseño en el proyecto.

Tanto las alternativas propuestas como los análisis de las alternativas y la definición de las soluciones finales de pavimento deben contar con el visto bueno de la Interventoría.

CAPÍTULO 8. SECCIONES TRANSVERSALES

Deberán incluirse los planos de las secciones típicas, de las diferentes secciones transversales del pavimento, a saber: corte en cajón, corte a media ladera y terraplén, indicándose las características más importantes, así como situaciones particulares. Los dibujos pueden hacerse a escala o indicando claramente las dimensiones, de todos los elementos de cada sección transversal.

CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio deberá suministrar resultados y recomendaciones que permitan como mínimo:

- Presentar en forma clara las conclusiones a que llegó el estudio, indicando las precisiones y aportes que genera el estudio.
- Identificar los criterios y parámetros de las alternativas de diseño de estructura de pavimento propuestas para el corredor, y de la alternativa recomendada.

- Ser un insumo fundamental para la actuación de otros especialistas indispensables en los estudios y diseños requeridos para un proyecto vial.
- Se deberá dejar explícitamente las recomendaciones a tener en consideración durante la siguiente fase de estudios.

ANEXOS

Se deberá organizar en medio digital toda la información secundaria y primaria que haya sido utilizada para el desarrollo del presente Estudio. Así mismo, se deberá clasificar para fácil consulta, tanto por parte del Interventor y/o del INVÍAS, como por cualquier otra persona que se encuentre interesada en acceder a dicha información.

El Consultor deberá elaborar los planos a la escala indicada, y los informes requeridos para el proyecto, considerando como mínimo lo siguiente:

- Mapa de localización del proyecto.
- Plano de localización de exploraciones (sondeos, apiques).
- Registros de exploraciones (sondeos, apiques).
- Perfil estratigráfico en toda la longitud del proyecto.
- Resultados completos de ensayos de laboratorio.
- Tablas de resumen de los ensayos de campo y laboratorio indicando, para cada muestra o ensayo, el número de la exploración, la localización (abscisa) y la profundidad.
- Planos de secciones típicas – secciones transversales.
- Memorias de cálculo.
- Registro fotografías.
- Planos tipológicos estructurales con formato para sectorización.

Las escalas recomendadas para los planos son:

- Planos de planta: 1/1000.
- Perfiles estratigráficos: H = 1/1000, V = 1/100.
- Secciones típicas de pavimento: 1/50.
- Detalles: 1/20.

DIBUJO DE PLANOS

Deberá implementarse la metodología BIM, *Building Information Modeling,* que es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, la cual permite detectar y subsanar en tiempo real posibles inconsistencias, interferencias, y conflictos entre especialidades. El Consultor deberá implementar BIM, realizando la modelación

en un software BIM definido por el mismo en el Plan de Ejecución BIM (BEP), entregando los modelos tanto en formato nativo como interoperable IFC, además de entregar los planos en formatos DWG y PDF. Los planos en sus formatos deberán tener una expresión y escala adecuada de tal manera que todo el contenido de los planos sea claro y legible, además de estar completos y acordes a lo establecido en la NTC 1580 DIBUJO TECNICO ESCALAS.

2.11. VOLUMEN XI. ESTUDIO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS

El documento de Estudio y Diseño de Estructuras, debe considerar como mínimo los siguientes capítulos:

CAPITULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES
CAPITULO 2. METODOLOGÍA
CAPITULO 3. RECOPILACIÓN Y/O TOMA DE INFORMACIÓN
CAPITULO 4. ASPECTOS TÉCNICOS CAPITULO 5. INFORMES DE AVANCE DEL DAA.
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES CAPITULO 7. GESTIÓN Y

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES

1.1 OBJETIVO

Realizar el diseño estructural para la evaluación de la factibilidad del proyecto en los diseños requeridos para cada uno de (los) puente(s), pontón(es), viaducto(s), estructuras para túneles falsos, muros o estructuras de contención de tierras, estructuras de drenaje, como box-culverts, o cualquier estructura vial complementarias que atraviese el eje definitivo del proyecto y/o esté dentro del área de influencia del mismo; teniendo en cuenta los parámetros de topografía, trazado, diseño geométrico, geología, geotecnia para fundaciones, estabilidad de taludes, hidráulica-socavación, ambiental, estética, urbanismo, arquitectura, sostenibilidad, economía, transitabilidad, durabilidad, facilidad de construcción, facilidad de inspección y mantenimiento, seguridad del tráfico, protección al usuario, pero sin limitarse a estas exclusivamente.

Se debe obtener un presupuesto detallado que permita conocer los recursos económicos necesarios para la materialización de las estructuras, permitiendo a la Entidad contratante evaluar la factibilidad del proyecto, acorde con los recursos que se poseen.

1.2 ALCANCE

Desarrollar los estudios y diseños necesarios para cada una de las estructuras que serán parte y/o son requeridas en el corredor para evaluación de factibilidad.

Previo a iniciar con los estudios y diseños se requiere el trazado definitivo de la vía con la implantación de las obras e información secundaria con la caracterización del proyecto, localización, caracterización geológica y geotécnica, hidráulica e hidrología, ambiental, económica, amenazas y riesgos, topográfica, condición del terreno y del entorno, entre otros.

Una vez se cuente con el trazado y la topografía del proyecto, se definirá la implementación de obras estructurales necesarias para garantizar la estabilidad, sostenibilidad y conveniencia económica del corredor. Los diseños se dividirán en dos etapas:

1. ETAPA UNO – DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS Y PREDISEÑO.
2. ETAPA DOS – DISEÑOS PARA EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD.

Adicionalmente, de tenerse dos etapas en los diseños, se dividirá en dos tipos las diferentes estructuras que se pueden encontrar en un corredor vial de la siguiente manera:

Tabla 7. *Números de alternativas según el tipo de estructura*

Tipo de estructura	Definición tipo de estructura	Numero de alternativas o prediseños
Estructuras mayores	Puentes, pontones, viaductos y estructuras para túneles falsos.	3
Estructuras complementarias	Muros o estructuras de contención de tierras, estructuras de drenaje, como box-culverts o cualquier estructura vial complementarias que atraviesen el eje definitivo del proyecto y/o esté dentro del área de influencia del mismo.	1

1. Por ***ESTRUCTURAS MAYORES*** se entienden las obras de superación de obstáculo como PUENTES, PONTONES, VIADUCTOS Y ESTRUCTURAS PARA TÚNELES FALSOS obras para las cuales se desarrollarán a nivel de PREDISEÑO 3 (tres) alternativas en la ETAPA UNO – DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS Y PREDISEÑO.
2. Por ***ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS*** se entienden las obras adicionales, como MUROS O ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN DE TIERRAS, ESTRUCTURAS DE DRENAJE, COMO BOX-CULVERTS, O CUALQUIER OTRA ESTRUCTURA VIAL, QUE ATRAVIESE EL EJE DEFINITIVO DEL PROYECTO Y/O ESTÉ DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL MISMO, obras para las cuales se desarrollarán 1 (un) prediseño en la ETAPA UNO – DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS Y PREDISEÑO.

1.2.1 ETAPA UNO – DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS Y PREDISEÑO

Entendiéndose por prediseño al conjunto de técnicas que permiten calcular elementos de ingeniería de manera sintetizada. Para ello se especificará para cada prediseño el sistema estructural, parámetros sísmicos, avaluó de cargas, tipos de materiales, secciones, longitudes, alturas, proceso constructivo, definición de la necesidad de obras complementarias, etc. Se indicará las dimensiones y/o características de los elementos según se requiera para iniciarse con la siguiente etapa de esta fase, (ETAPA DOS – DISEÑOS PARA EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD) como los procedimientos previo necesarios al cálculo de dimensionado que es necesario llevar a cabo en estructuras de uno o varios grados de libertad antes de poder calcular con precisión los esfuerzos sobre las mismas.

Para las alternativas de estudio de las ***ESTRUCTURAS MAYORES***, se conceptualizará las estructuras con el PREDISEÑO estructural de tres alternativas, especificando los sistemas estructurales, parámetros sísmicos, avalúo de cargas, tipos de materiales, posibles secciones, longitudes, alturas, necesidad de obras complementarias, y todos los aspectos técnicos que tengan lugar según las condiciones del proyecto, requiriéndose información de las otras disciplinas como la geología, la geotecnia, la hidráulica, la hidrología, la topografía, el trazado geométrico definitivo, etc.

Además del aspecto técnico se deberá realizar una evaluación objetiva considerándose otros criterios relevantes como lo son los aspectos financieros, sociales, ambientales, prediales, amenazas y riesgos asociados, entre otros, según cada proyecto. Estos aspectos se evaluarán de forma general, tomando como ejemplo la estimación presupuestal la cual se realizará con valores históricos y cuantías aproximadas. Dado que se deberá garantizar la imparcialidad durante la evaluación y selección, es necesario seguir los siguientes lineamientos:

- Se confirmará que cada alternativa a estudiar sea viable y realizable, las alternativas que tengan algún factor que las haga descartables, no deberán tenerse en cuenta y por consiguiente no serán evaluadas.
- Se evaluará cada alternativa de manera independiente.
- Siempre se buscará escoger la mejor alternativa sostenible (verse los requerimientos de sostenibilidad).

Una vez es aprobada por la interventoría el prediseño de la alternativa seleccionada de las diferentes obras mayores requeridas en el corredor vial, el Consultor contextualizará las características básicas y/o esenciales para el diseño estructural, con el cual se partirá para iniciarse los diseños a fase dos.

Para el caso de las ***ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS***, el prediseño se refiere a la definición del sistema estructural, parámetros sísmicos previos y dimensiones tentativas para evaluar preliminarmente las diferentes solicitudes, tales como: la masa de la estructura, las cargas muertas, las cargas vivas, los efectos sísmicos y las fuerzas de viento, según requiera la estructura, y la estimación de cantidades o cuantías de acuerdo con cartillas aprobadas por la Entidad o datos históricos. Estas dimensiones preliminares se coordinarán con los otros profesionales que participan en el proyecto.

Una vez es aprobado por interventoría los prediseños de las diferentes obras complementarias requeridas en el corredor vial, el Consultor contextualizará las características básicas y/o esenciales para el diseño estructural, con el cual se partirá para iniciarse los diseños a fase dos.

1.2.2 ETAPA DOS – DISEÑOS PARA EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD

Esta etapa solo se podrá iniciar una vez esté finalizada la etapa precedente ETAPA UNO – DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS Y PREDISEÑO, con la aprobación de los prediseños por parte de la interventoría. Se desarrollará el DISEÑO ESTRUCTURAL por medio de un cálculo

más exhaustivo, validando las secciones, refuerzos, tipos de materiales y sus resistencias, obtenidos en los prediseños de la ETAPA UNO – DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS Y PREDISEÑO. Se debe estudiar y considerar en el diseño y presupuesto todos los componentes técnicos, ambientales, prediales, jurídicos, entre otros, que tenga lugar en la ejecución del proyecto.

Con **DISEÑO ESTRUCTURAL** se refiere a la obtención de las dimensiones, materiales, configuración de secciones y características de todos los elementos estructurales definitivos, con los cuales se logra responder a las cargas impuestas en las estructuras, estableciéndose un sistema estructural, en función de los parámetros sísmicos y demás escenarios de hipótesis de carga y/o variables de entrada (con la validación y confirmación de la información suministrada por los otros profesionales que participan en el diseño), conforme a lo estipulado por las normativas vigentes aplicables.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

2.1 ETAPA UNO – DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS Y PREDISEÑO

Se requiere que el Consultor realice retroalimentaciones permanentes entre los distintos campos y especialidades de la ingeniería y de otras disciplinas, que intervienen en el prediseño de las diferentes obras.

2.1.1 PUENTES, PONTONES, VIADUCTOS Y ESTRUCTURAS PARA TUNELES FALSOS

Para las estructuras mayores tales como puentes, pontones o viaductos y estructuras para túneles falsos, se propondrán, estudiarán y analizarán 3 alternativas. Para la selección de la alternativa y solución, se implementará algún método de análisis de toma de decisión, la cual será previamente aprobada por la interventoría, garantizando una evaluación interdisciplinaria e imparcial. Algunos métodos reconocidos mundialmente son: Método basado en valores como el *Analytic Hierarchy Process AHP*, Método de clasificación ELECTRE, Método tabular *Choosing By Advantage CBA*, entre otros. No se impone al Consultor la implementación de alguno de los métodos anteriormente nombrados. El método de evaluación y selección de alternativas será acordado entre el Consultor e interventoría.

Los factores de evaluación, son los aspectos o indicadores a los cuales se les va a asignar un valor el cual debe estar dentro de un rango. Se definirá de manera clara y concisa los factores con sus criterios de evaluación respectivos, es decir se establecerá un rango dentro en el cual se tendrá valores favorables o deseables a obtener según cada factor.

Según la metodología que el Consultor considere, la cual deberá ser aprobada por la interventoría, se definirá las unidades de medida, rangos admisibles, criterios favorables o deseables según cada factor y detallará la información secundaria y primaria con que se realizará el estudio y los trabajos de campo. La ponderación o peso de cada factor de evaluación

dependerá de cada proyecto y será establecido por el Consultor, con aprobación por parte de la interventoría, el cual podrá apoyarse en mesas de trabajo de los interesados en el proyecto dentro de los cuales estarían: el Consultor, la interventoría, los supervisores del contrato en el INVÍAS, y si se considera necesario se invitará a las entidades locales según la localización en la que se desarrolla la estructura.

Después de aprobada la metodología de evaluación de alternativas con los porcentajes o pesos de ponderación de cada factor a evaluar, se procederá con la obtención de información primaria, con la cual se alimentará las matrices de evaluación, como por ejemplo, definición de posibles sistemas y/o tipologías estructurales, predimensionamiento de los diferentes elementos, la estimación de cantidades y presupuesto (con valores históricos, cuantías aproximadas), posibles puntos de acceso de las intervenciones, estimación del tiempo en ejecución, proveedores de materiales, maquinaria o equipos en la zona, ensayos requeridos en la etapa dos de factibilidad y **demás información que se requiera para la evaluación y selección de alternativa acorde a la metodología de análisis de toma de decisión a implementar.**

Antes de continuar con la ETAPA DOS – DISEÑOS PARA EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD, las alternativas seleccionadas deberán contar con la previa aprobación de la interventoría.

2.1.2 OBRAS COMPLEMENTARIAS

Para las estructuras denominadas como obras complementarias, se presentará un único prediseño para los muros o estructuras de contención de tierras, estructuras de drenaje, como box-culverts, o cualquier estructura vial adicional, que atraviese el eje definitivo del proyecto y/o esté dentro del área de influencia del mismo. Antes de continuarse con ETAPA DOS – DISEÑOS PARA EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD, los prediseños deberán contar con la previa aprobación de la interventoría.

2.2 ETAPA DOS – DISEÑOS PARA EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD

El Consultor deberá definir la metodología para el desarrollo del estudio, documento que se deberá entregar a la Interventoría para su aprobación; y en la cual, se detallará la información secundaria y primaria con que se realizará el estudio, y los trabajos de campo.

Se requiere que el Consultor realice retroalimentaciones permanentes entre los distintos campos y especialidades de la ingeniería y de otras disciplinas, que intervienen en el diseño integral de un proyecto. Al tratarse de proyectos de infraestructura, solo con una intercomunicación oportuna durante el período de análisis permitirá la correcta validación y consistencia de los parámetros que se adoptan en el diseño y del conjunto de variables que se derivan. El Consultor deberá validar que los parámetros que empleó en sus diseños son correspondientes con los obtenidos por las otras especialidades que intervienen en el proyecto, de acuerdo con los requerimientos que están en fase dos de cada especialidad.

Todos los diseños de estructuras sean puentes, pontones, viaductos, estructuras para túneles falsos, muros o estructuras de contención de tierras, estructuras de drenaje, como box-culverts,

o cualquier estructura vial complementaria, que atraviesen el eje definitivo del proyecto y/o esté dentro del área de influencia de este deberán tener en cuenta las consideraciones y los estudios de efectos sísmicos según se requiera en las normas o manuales del INVÍAS según la estructura a diseñar.

2.2.1 ESPECIFICACIONES Y NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

El análisis y diseño de todas las estructuras, deberá cumplir como mínimo, pero sin limitarse a estos, con los requerimientos pertinentes establecidos en las últimas versiones de los siguientes documentos:

- Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras.
- Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP2014 – Resolución 108 de 2015 – Ministerio de Transporte.
- *Standard Specifications for highway bridges*, para todos los casos que no se contemplen en el código colombiano de diseño sísmico de Puentes, o en los casos donde los procedimientos contemplados en su texto ya no sean válidos a la fecha del proyecto.
- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-Resistente NSR-10.
- ICONTEC.
- ASTM.
- AWS Asociación Americana de Soldadura Especificación AWS D1.5 Bridge Welding Code versión vigente.
- AASHTO.
- En lo que aplique, el Sistema de Gestión de Puentes, acogido por la Entidad para la fecha de ejecución de los estudios.

2.2.2 CONDICIONES DE CARGA DE DISEÑO

El proyecto estructural considerará las siguientes condiciones de cargas de diseños, como mínimo:

2.2.2.1 DISEÑO ESTRUCTURAL EN CONDICIONES durante la vida DE SERVICIO

En esta etapa el diseño se realizará considerando las cargas actuantes durante la vida de servicio y las cargas eventuales como los movimientos sísmicos de diseño, así como los demás casos de carga que contempla la normativa que aplique según el tipo de estructura simuladas sobre un modelo matemático apropiado para la misma. En cuanto al análisis de la estructura, se determinará los desplazamientos máximos y las fuerzas internas que se derivan de ellos. El Consultor presentará a la Interventoría las memorias de cálculo, en el cual se especificará la metodología de modelación y análisis. Todos los datos obtenidos mediante un software deberán ser estudiados y validados por la interventoría para su respectivo aval.

Los diseños de los elementos estructurales se llevarán a cabo de acuerdo con los requisitos propios del sistema de resistencia y del material estructural utilizado. Todos los elementos estructurales se diseñarán de acuerdo con los requisitos de la normativa que aplique y en

función de los resultados obtenidos por las otras especialidades. Por ejemplo, para la cimentación, las cargas obtenidas del análisis y la combinación de carga a nivel de fundación, se emplearán para el diseño de los elementos de cimentación siguiendo los requisitos propios del material estructural y los criterios geológicos, geotécnicos, hidráulicos y de socavación, definidos en los volúmenes relacionados a estas áreas de estudio.

2.2.2.2 DISEÑO ESTRUCTURAL EN CONDICIONES DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

En esta etapa el diseño se realizará considerando las cargas generadas y asociadas a las condiciones del montaje y al proceso constructivo. Se verificará los esfuerzos y deflexiones en cada etapa de construcción, generados por la carga, descarga, eliminación o implementación de apoyos temporales. A consideración del diseñador y en conjunto acuerdo con la interventoría, se deberán especificar los criterios de control bien sea por medición directa de esfuerzos o deformaciones.

2.2.3 FILOSOFIA DE DISEÑO

Independientemente del tipo de análisis utilizado, se debe satisfacer los requisitos de equilibrio y compatibilidad, utilizando esfuerzo/deformación para el material propuesto, además de garantizar que las obras sean construibles y seguras. Entre los métodos que aprueba el reglamento CCP14 están:

- Métodos clásicos de fuerza y desplazamiento.
- Método de las diferencias finitas.
- Método de los elementos finitos.
- Método de la placa plegada.
- Método de la franja finita.
- Método de la analogía del emparrillado.
- Método de las series u otro método armónico.
- Métodos basados en la formación de rótulas plásticas.
- Método de la línea de fluencia.

No se impone al Consultor la implementación de alguno de los métodos anteriormente nombrados, sin embargo, la implementación de algún otro método de diseño debe ser aprobado por la interventoría previamente.

2.2.4 SOFTWARE Y PROGRAMAS DE COMPUTADOR

Deberá implementarse la metodología BIM, *Building Information Modeling,* que es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, la cual permite detectar y subsanar en tiempo real posibles inconsistencias, interferencias, y conflictos entre especialidades. El Consultor deberá implementar BIM, realizando la modelación en un software BIM definido por el mismo en el Plan de Ejecución BIM (BEP), que facilite el análisis estructural y de la interpretación de los resultados. La modelación matemática debe incluir las cargas, las geometrías, el comportamiento del material de la estructura y las características de la respuesta de la cimentación.

2.2.5 DIBUJO DE PLANOS.

Deberá implementarse la metodología BIM, *Building Information Modeling,* que es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, la cual permite detectar y subsanar en tiempo real posibles inconsistencias, interferencias, y conflictos entre especialidades. El Consultor deberá implementar BIM, realizando la modelación en un software BIM definido por el mismo en el Plan de Ejecución BIM (BEP), entregando los modelos tanto en formato nativo como interoperable IFC, además de entregar los planos en formatos DWG y PDF. Los planos en sus dos formatos deberán tener una expresión y escala adecuada de tal manera que todo el contenido de los planos sea claro y legible, además de estar completos y acordes a lo establecido en la NTC 1580 DIBUJO TECNICO ESCALAS.

CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN Y/O TOMA DE INFORMACIÓN

Dado que las metodologías para estudios y diseños de proyectos viales imponen la necesidad de efectuar retroalimentaciones permanentes entre los distintos campos y especialidades de la ingeniería, y de otras disciplinas que intervienen en el diseño integral de un proyecto, el Consultor especialista estructural deberá validar que los parámetros tomados sean en efecto el resultado y/o lo establecido en los estudios de las otras especialidades. Así las cosas, en esta parte de recopilación y/o toma de información, es indispensable que exista una interacción constante entre las especialidades involucradas en el proyecto para asegurarse que la orientación de este se encuentre bajo el mismo enfoque técnico y los datos de entrada correspondan con lo consignado en los estudios de las otras especialidades.

Todos los estudios son fundamentales para alcanzar el objetivo planteado; por lo que se debe tomar en cuenta que las memorias e información obtenida por las otras especialidades son documentos de referencia que servirán para atender inquietudes presentadas durante la ejecución del proyecto, sin necesidad de adelantar investigaciones adicionales.

- Topografía.
- Estudio de Trazado.
- Diseño Geométrico.
- Estudio Predial y Catastral.
- Estudio Social.
- Estudio de Geología para Ingeniería y Geotecnia.
- Estudio de Suelos para Diseño de Fundaciones.
- Estabilización de Taludes.
- Estudio Geotecnia.
- Diseño del Pavimento.
- Estudio Hidrología.
- Hidráulica y Socavación.
- Plan Ambiental.
- Estudio de Urbanismo y Paisajismo.
- Estudio de Seguridad y Señalización.

- Estudio de Evaluación Económica.
- Estudio de Sostenibilidad.
- Entre otros.

Si bien la información recolectada por las demás disciplinas es fundamental, el Consultor deberá hacer visitas de reconocimiento en los lugares de implantación de las obras a diseñar para la recolección y validación de información secundaria con la que se cuenta.

CAPÍTULO 4. ASPECTOS TÉCNICOS

Con base en la definición del eje del proyecto, la sección transversal de la vía, del sitio de la estructura, los criterios definidos de drenaje, hidrología, geología y geotecnia, además del reconocimiento directo del sitio, se procederá con los diseños de los puentes, pontones, viaductos, estructuras para túneles falsos, muros o estructuras de contención de tierras, estructuras de drenaje, como box-culverts, o cualquier estructura vial complementarias, que atraviesen el eje definitivo del proyecto y/o esté dentro del área de influencia del mismo, de acuerdo a la normativa que aplique.

4.1 ETAPA UNO – DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS Y PREDISEÑO

Se realizará mínimo TRES (3) ALTERNATIVAS de tipología estructurales propuestas para cada uno de los PUENTES, PONTONES, VIADUCTOS Y ESTRUCTURAS PARA TÚNELES FALSOS, evaluándose las posibilidades de uso de diferentes sistemas estructurales y materiales, para así tomar la decisión sobre el sistema estructural más conveniente, según sus características específicas relacionadas con cada una de las áreas que contribuyeron estrechamente en su planteamiento. Para los muros o estructuras de contención de tierras, estructuras de drenaje, como box-culverts, o cualquier estructura vial complementarias, que atraviesen el eje definitivo del proyecto y/o esté dentro del área de influencia del mismo bastará con **UN ÚNICO (1) PREDISEÑO**, el cual deberá ser previamente acordado con la interventoría.

4.1.1 PUENTES, PONTONES, VIADUCTOS Y ESTRUCTURAS PARA TÚNELES FALSOS

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

- Recolección de información de las características del proyecto como trazado de vía, topografía, geología, hidrología, hidráulica, socavación, geotecnia, ambiental, predial, social, puntos de acceso, etc.
- Tipología estructural.
- Longitud total, longitud de luces y/o vanos.
- Materiales que conforma la superestructura, la cimentación y/o las estructuras de contención.
- Dimensiones de las secciones transversales típicas.
- Tipología de estribos y/o cimentación con las dimensiones básicas.
- Longitud, puntos y formas de accesos.
- Localización y/o disponibilidad de proveedores de materiales en la zona del proyecto.

- Estimación de cantidades de obra, implementando cuantías históricas.
- Estimación de costos y presupuesto.
- Equipos, maquinaria y materiales adicionales, que se requieren durante la construcción.
- Si aplica, el requerimiento de obras complementarias, u otras implicaciones.

Cada una de las alternativas deberá ser evaluada no solo como el costo directo de la obra (CAPEX), sino también los costos de mantenimiento a lo largo del periodo de evaluación (OPEX). Es de vital importancia que se realice un análisis económico de cada alternativa con el fin de que se pueda concluir de una forma acertada la alternativa económicamente más viable. Para finalizar la Etapa de definición de alternativas se deberá entregar como mínimo y sin limitarse a estos:

- Portada.
- Hoja de control de versiones y aprobaciones.
- Introducción.
- Objetivos.
- Justificación y alcance del proyecto.
- Características del proyecto, (variables de entrada en los diseños).
- Descripción de las alternativas y como estas podrían dar solución al objetivo del proyecto con su prediseño.
- Factores de evaluación con sus criterios.
- El Consultor deberá entregar una memoria descriptiva con los criterios que justifiquen la alternativa de tipología recomendada, según el método de toma de decisión que se estableció en la metodología.
- Evaluación de cada alternativa, dentro de esta evaluación debe estar el presupuesto general por alternativa, con cantidades o índices, que permitan establecer un costo preliminar para cada elemento necesarios para la construcción, tiempo de la ejecución de la obra, impactos ambientales, impactos sociales, impactos económicos en las comunidades, permisos ambientales, propiedades de predios, puntos de accesos, disponibilidad de materiales, equipos, mano de obra, entre otros. La logística de la obra y los métodos constructivos de las alternativas serán viables de lo contrario se descartarán como posibles alternativas.
- Análisis y toma de decisión.
- Identificación previa de la gestión interinstitucional requerida durante el desarrollo de la factibilidad (permisos ambientales, jurídicos, etc.)
- Conclusiones y recomendaciones generales.
- El Consultor deberá entregar las Memorias de Cálculo a nivel de PREDISEÑO que contemple la superestructura, subestructura y/o cimentación, obras complementarias, las cuales deben incluir entre otros aspectos: avalúo de cargas, combinaciones de carga utilizadas, definición de sistemas estructurales, secciones y materiales, análisis estructural preliminar que garantice que las secciones definidas que cumplan los requerimientos normativos en cuanto a resistencia y servicio, de todas las alternativas.
- Recomendaciones y procedimientos de construcción además de las pruebas de resistencia de los materiales, prueba de carga o cualquier otro criterio de recepción de obra, que resulte pertinente incluirlo en el presupuesto.

- Así mismo, el Consultor deberá establecer las recomendaciones y procedimientos para adelantar la instrumentación de las estructuras propuestas durante la etapa de operación del proyecto.
- El Consultor deberá entregar los planos a nivel de PREDISEÑO que incluya las secciones de los elementos estructurales y configuración, la especificación de materiales, implantación con puntos de acceso, de todas las alternativas.

Informe ejecutivo resumen, con las alternativas escogidas que se ejecutaran en la siguiente Etapa dos de la Fase 2 – Diseño para evaluación de factibilidad.

4.1.2 OBRAS COMPLEMENTARIAS

Se entiende como estructuras complementarias a los muros o estructuras de contención de tierras, estructuras de drenaje, como box-culverts, cualquier estructura vial complementaria, que atraviese el eje definitivo del proyecto y/o esté dentro del área de influencia de este.

En caso de que se cuente con obras complementarias en vías secundarias o terciarias, se podrán utilizar la cartilla para el diseño de obras complementarias de drenaje y estructuras viales, siempre y cuando los parámetros de diseño del proyecto correspondan con los indicados en la cartilla, para obtener obras tipo, de forma eficiente, ordenada y completa, UNICAMENTE PARA EL PREDISEÑO.

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

- Recolección de información de las características del proyecto de las otras disciplinas, trazado de vía, topografía, geología, hidrología, hidráulica, socavación, geotecnia, ambiental, predial, social, puntos de acceso, etc.
- Secciones, tipo de estructura y materiales.
- Dimensiones de las secciones.
- El prediseño de la cimentación con las dimensiones básicas.
- Longitud, puntos y formas de accesos.
- Localización y/o disponibilidad de proveedores de materiales en la zona del proyecto.
- Equipos, maquinaria y materiales adicionales, que se requieren durante la construcción.
- Si aplica, el requerimiento de obras complementarias, u otras implicaciones.

Para finalizar la Etapa de definición de alternativas se deberá entregar como mínimo y sin limitarse es estos:

- Portada.
- Hoja de control de versiones y aprobaciones.
- Introducción.
- Objetivos.
- Justificación y alcance del proyecto.
- Características del proyecto, (variables de entrada en los diseños).
- Identificación previa de la gestión interinstitucional requerida durante el desarrollo de la factibilidad (permisos ambientales, jurídicos, etc.).
- Conclusiones y recomendaciones generales.

- El Consultor deberá entregar las Memorias de Cálculo a nivel de PREDISEÑO que incluya los elementos estructurales, cimentación, obras complementarias, lo siguiente: avalúo de cargas, combinaciones de carga utilizadas, definición de sistemas estructurales, secciones y materiales, análisis estructural preliminar que garantice que las secciones definidas que cumplan los requerimientos normativos en cuanto a resistencia y servicio.
- El Consultor deberá entregar los planos a nivel de PREDISEÑO que incluya las secciones de los elementos estructurales y configuración, la especificación de materiales, implantación con puntos de acceso.
- Recomendaciones y procedimientos de construcción además de las pruebas de resistencia de los materiales, prueba de carga o cualquier otro criterio de recepción de obra, que resulte pertinente incluirlo en el presupuesto.
- Informe ejecutivo resumen, con los prediseños para dar inicio a los diseños en la siguiente Etapa dos de la Fase 2 – Diseño para evaluación de factibilidad.

4.2 ETAPA DOS – DISEÑOS PARA EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD

Se debe tener en cuenta que dependiendo de las condiciones particulares de cada proyecto se contará con diferentes tipos de estructuras, para los cuales deberán ser considerados diferentes reglamentos y metodologías de diseños, por lo cual se presentan las consideraciones para algunos de los tipos de estructuras involucradas en los proyectos, pero sin ser estas las únicas que se deberán considerar.

Para cada uno de (los) puente(s), pontón(es), viaducto(s), estructuras para túneles falsos, muros o estructuras de contención de tierras, estructuras de drenaje, como box-culverts, o cualquier estructura vial complementarias que atraviese el eje definitivo del proyecto y/o esté dentro del área de influencia del mismo; se deberán realizar los diseños estructurales, presentándose como mínimo y sin limitarse a estos, lo siguiente:

- Introducción resumiendo, los criterios de técnicos como localización, Hidrología, Hidráulica, Geotecnia, Geología, entre otros, que justifiquen la solución seleccionada.
- Códigos y reglamentos.
- Memorias de cálculo que incluya la cimentación, muros de contención y todos los elementos estructurales que se requieran, descripción de los cálculos (Metodologías de cálculo) avalúo de cargas, combinaciones de carga utilizadas, sistemas estructurales, análisis de cargas, análisis sísmico (participación de la masa, cortante basal, periodos fundamentales), análisis estructural, con las verificaciones del cumplimiento de los requerimientos normativos en cuanto a resistencia y servicio, soportando y fundamentando que las secciones, dimensiones, materiales, refuerzo, disposición, de todos los elementos estructurales que se establecieron para la elaboración del proyecto.
- Indicar índice de resistencia y verificaciones aplicables de acuerdo con los reglamentos considerados.
- Ensayos necesarios y/o recolección de información necesaria a obtener en esta ETAPA.
- Longitud total, luces y tipo de estructura (en el caso de puentes o viaductos).

- Tipo de material que conforma la super estructura y la cimentación y/o las estructuras de contención.
- Dimensiones de las secciones transversales típicas VERIFICADAS Y DEFINITIVAS CUMPLIENDO LA NORMA que aplique.
- Tipo de estribos y cimentación con las dimensiones VERIFICADAS Y DEFINITIVAS CUMPLIENDO LA NORMA que aplique.
- Secciones y dimensiones de todos los elementos estructurales, diámetros, longitudes y disposición de las varillas de refuerzo, perfiles de acero, cables, y demás elementos que se requieran VERIFICADAS Y DEFINITIVAS CUMPLIENDO LA NORMA que aplique.
- Longitud, puntos y formas de accesos.
- Planos topográficos con la implantación del puente con indicación de los puntos de referencia y niveles. Ubicar puntos y formas de acceso.
- Cantidades de obra calculadas sobre planos.
- Los costos y presupuesto (CAPEX) con cantidades calculadas reales de los diseños.
- Los costos y presupuesto del mantenimiento (OPEX) según el tipo de estructura.
- Recomendaciones y procedimientos de construcción además de las pruebas de resistencia de los materiales, prueba de carga o cualquier otro criterio de recepción de obra, que resulte pertinente incluirlo en el presupuesto.
- Recomendaciones y explicación de las posibles necesidades de implementar un sistema inteligente de gestión de puentes (SIGP) acogido por la Entidad a la fecha de ejecución de los estudios y diseños, en el que se realice el diseño de la instrumentación según sea requerido
- Equipos, maquinaria y materiales adicionales, que se requieren durante la construcción.
- Si aplica los diseños de obras complementarias, con todas sus implicaciones.
- Planos estructurales que contengan todos los elementos estructurales con sus dimensiones, disposición y materiales con sus propiedades de resistencia. Comprenden: Planos de índice presentando las generalidades y especificaciones de materiales, Planos de cimentación, Planos de plantas para las formaletas, Planos de planta estructurales, Planos de despiece de refuerzo para todos los elementos estructurales, Planos de cortes, Esquemas típicos de elementos de conexión, Cuadro de acero de refuerzos (despieces y resumen) y concretos (volumen por tipo de concreto y resumen) lo anterior debe presentarse de manera completa sin requerir un nivel de detalle constructivo.
- Especificaciones técnicas de los materiales.

4.2.1 PUENTES PONTONES, VIADUCTOS y ESTRUCTURAS PARA FALSOS TÚNELES

Para puentes pontones y viaductos, en el año 2013, el INVÍAS y la AIS desarrollaron la nueva Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP-14, norma que actualmente se encuentra vigente, por consiguiente, la normativa en la se enmarcará estos requerimientos técnicos es **la Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP-14,** sin embargo, se deberá cumplir con la normativa que se encuentre vigente durante la ejecución de los diseños y se podrá usar normas o códigos internacionales, únicamente con la previa aprobación de la interventoría, en caso que se requiera.

Además del estudio y diseño técnico, con el cual se esté cumpliendo la Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP2014 – Resolución 108 de 2015 – Ministerio de Transporte, se debe analizar un adecuado funcionamiento, en el cual se proporcione sensación de seguridad al usuario.

En el caso de estructuras para túneles falsos, estos elementos deberán ser desarrollados con la finalidad de contener empujes de tierras y/o soportar caídas de material proveniente de laderas, por lo cual durante la etapa de diseño se seguirá las indicaciones presentadas en el estudio de suelos, geología, entre otros, procesos constructivos y verificar las condiciones de estabilidad de las estructuras por construir. Se garantizará el cumplimiento de la normativa que aplique, se podrá usar normas o códigos internacionales con la previa aprobación de la interventoría.

4.2.1.1 ALINEACIÓN DISEÑO GEOMÉTRICO

La ubicación y alineación del puente y/o estructura para túnel falso se deberá validar, garantizándose que se está satisfaciendo los requisitos del diseño geométrico de vías, acorde a la implantación y topografía con las que se cuenta.

4.2.1.2 SEGURIDAD DEL TRÁFICO

Se confirmará que se cuenta con la capacidad según el tránsito esperado, y se garantizará la seguridad y sensación de seguridad a los vehículos sobre o debajo del puente, así como al interior de la estructura para túnel falso. Para el caso de puentes se minimizará los riesgos para los vehículos que se descarrilan dentro de la zona libre, colocando los obstáculos a una distancia segura de los carriles de circulación. Se debe confirmar que se cuenta con las barreras de protección, con la resistencia a choque requeridas, para su diseño y especificación servirá como guía las presentadas en bibliografía de diseño de puentes y las que se encuentren en la normatividad aplicable para estos elementos. (SECCIÓN 13 – BARANDAS del CCP14).

4.2.1.3 CONSIDERACIONES DE EJECUCIÓN MONTAJE Y DE CONSTRUCCIÓN

Los puentes y estructuras para túneles falsos se deberán diseñar de manera tal que su construcción sea técnicamente factible. Para estos efectos se considerará las cargas y deformaciones impuestas durante la construcción y montaje con su correspondencia a la etapa de construcción en la que se estimen dichas cargas, además de considerar las condiciones climáticas e hidráulicas que pudieran afectar la construcción de la estructura, indicándose las temporadas de lluvias, con un cronograma de obra, que se establecerá en FASE TRES - DISEÑO DEFINITIVO DE OBRA.

4.2.1.4 ECONÓMICO

Se estudiará la factibilidad según el presupuesto que se obtenga, la Entidad evaluará si es factible o no continuar con los diseños a fase tres para la materialización de la estructura, según

el valor establecido en esta fase, se realizará el cálculo de cantidades sobre planos y precios unitarios que reflejen las condiciones reales del proyecto.

4.2.1.5 TÉCNICO

Se garantizará el cumplimiento con la Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP2014 – Resolución 108 de 2015 – Ministerio de Transporte o la normativa vigente durante la ejecución de los diseños, se podrá usar normas o códigos internacionales o la normativa que aplique, con la previa aprobación de la interventoría. Se deben incluir requisitos mínimos para las instalaciones de drenaje y medidas de autoprotección contra el agua, y las sales transportadas por el agua. Por un lado, para el caso de puentes el tablero y sus accesos garantizarán un seguro y eficiente transporte de escorrentía de la vía, de manera que se minimice el daño y deterioro a la estructura y se maximice la seguridad de los vehículos. Por otro lado, se analizarán en detalle los aspectos hidrológicos e hidráulicos, numerosas fallas en puentes han sido provocadas por la socavación.

En el caso de puentes se presentará memorias y planos de forma ordenada y clara sin olvidar ningún elemento de la SUPERESTRUCTURA, SUBESTRUCTURA Y CIMENTACIÓN. Entendiéndose como **SUPERESTRUCTURA** a todos los elementos estructurales que se encuentren por encima de los apoyos, como el tablero, vigas, armaduras, cables, bóvedas, arcos, y/o cualquier otro elemento necesario para transmitir las cargas del tablero a los apoyos o SUBESTRUCTURA.

La **SUBESTRUCTURA** se entiende como los apoyos centrales (pilares) o apoyos extremos (estribos), estructuras que están encargados de transmitir a la cimentación los esfuerzos recibidos de la superestructura, esfuerzos que serán finalmente llevados al terreno mediante la CIMENTACIÓN, que es el grupo de elementos estructurales encargada de transmitir las cargas al suelo distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas localizadas

Si el diseñador ha supuesto una secuencia constructiva particular a fin de inducir ciertas tensiones bajo carga permanente, dicha secuencia debe estar definida en la documentación técnica. Las tensiones residuales incorporadas durante la construcción deberán está dentro de límites tolerables.

4.2.2 ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS

4.2.2.1 ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN:

Estos elementos deberán ser desarrollados con la finalidad de contener los empujes de tierra y estabilizar laderas o cortes de terreno, por lo cual durante la etapa de diseño se seguirá las indicaciones presentadas en el estudio de suelos, las condiciones y elementos de drenaje, tipos de materiales a utilizar, resistencia de los componentes, procesos constructivos y verificar las condiciones de estabilidad de las estructuras por construir. Se garantizará el cumplimiento normativo, (SECCIÓN 11 - MUROS, ESTRIBOS Y PILAS, CCP14 Y CAPITULO H.8 NSR-10, o

la normativa que aplique, se podrá usar normas o códigos internacionales con la previa aprobación de la interventoría).

4.2.2.2 ESTRUCTURAS DE DRENAJE

Una vez se haya realizado su análisis hidráulico acorde a la normatividad del reglamento del sector de agua potable y saneamiento básico – RAS, en concordancia con a la Hidrología del lugar y estudio de una posible socavación, y se haya obtenido secciones, caudales, niveles de agua, trazados, restricciones, se procede con el diseño estructural de la estructura, acorde a lo que establece la NSR-10 CAPITULO C23-TANQUES Y ESTRUCTURAS DE INGENIERIA AMBIENTAL DE CONCRETO o la normativa que aplique. Se podrá usar normas o códigos internacionales con la previa aprobación de la interventoría.

4.2.2.3 OTRAS ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS

El diseño de otras obras complementarias como peajes, estructura para los lineamientos de infraestructura verde vial o de cualquier otra índole no especificada anteriormente que atraviesen el eje definitivo del proyecto y/o esté dentro del área de influencia del mismo, se realizarán de acuerdo con las normativas que aplique, ya sea la Norma colombiana de Diseño de Puentes CCP2014, la Norma de Sismo Resistencia NSR-10 o la que tenga lugar según el tipo de estructura.

4.2.3 CANTIDADES DE OBRA

Las cantidades de obra se calcularán con base en los planos elaborados. El Consultor tendrá en cuenta que las cantidades de obra deberán cuantificarse en unas memorias de cantidades que puedan ser confirmadas.

4.2.4 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS Y PRESUPUESTO

El Consultor deberá efectuar el análisis de precio unitario correspondiente con base en información secundaria procedente de obras de características similares, para lo cual se obtendrá información de los costos en la zona del proyecto, teniendo en cuenta los equipos, materiales, mano de obra calificada, los factores de producción, las condiciones específicas de la región, como régimen de lluvias, acceso al sitio de los trabajos, y todos aquellos factores que puedan incidir en la determinación del precio unitario de los diversos ítems.

4.2.5 RESTRICCIONES PREDIALES, AMBIENTALES O SOCIALES QUE REQUIERAN TRáMITES CON OTRAS ENTIDADES

La ubicación y alineación de las estructuras se deberán validar, garantizándose que se está satisfaciendo los requisitos del diseño geométrico de vías, además del tráfico calculado (sobre el puente y debajo del mismo, o al interior del túnel falso), sin olvidar validar que los predios en

los cuales se implantarán las obras no presentan inconveniente alguno sobre permisos ambientales o sociales y se cuenta con la adquisición de la propiedad del predio.

En caso de que existan restricciones prediales, ambientales o sociales que requieran la actualización de documentación, se deberá llamar la atención a dichas restricciones, con la advertencia de los trámites, actualizaciones o solicitudes que se deban gestionar para llevar a cabo el proyecto.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 ETAPA UNO – DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS Y PREDISEÑO

Una vez seleccionada la alternativa y aprobados los prediseños, se debe presentar una breve descripción de insumos utilizados, fuentes de información, resultado del análisis, conclusiones y recomendaciones para la siguiente etapa (Etapa dos – Diseños para Evaluación de Factibilidad), con un Informe Ejecutivo ETAPA UNO DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS Y PREDISEÑO.

5.1.1. PUENTES, PONTONES, VIADUCTOS Y ESTRUCTURAS PARA TÚNELES FALSOS

El estudio deberá suministrar resultados y recomendaciones que permitan, como mínimo:

- Determinar la alternativa a seleccionar PRESENTACIÓN Y SUSTENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA. El Consultor desarrollará y aplicará la metodología aprobada por la Interventoría, al igual que mostrará y documentará todos los resultados obtenidos para que puedan ser fácilmente verificables.
- Identificar claramente LOS PREDISEÑOS DE LAS ALTERNATIVAS SELECCIONADAS DE LAS ESTRUCTURAS MAYORES para las diferentes estructurales requeridas en los corredores de estudio.
- Posibles limitaciones encontradas para cada uno de los prediseños.
- Variables de entradas y solicitud de validación de la información utilizada de otros especialistas, para la continuación en los estudios y diseños hasta fase dos en la siguiente etapa.

5.1.2. ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS

El estudio deberá suministrar resultados y recomendaciones que permitan como mínimo

- Identificar claramente LOS PREDISEÑOS DE LAS ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS aprobados por interventoría para las diferentes estructuras requeridas en los corredores de estudio.
- Posibles limitaciones encontradas para cada uno de los prediseños.

- Variables de entradas y solicitud de validación de la información utilizada de otros especialistas, para la continuación en los estudios y diseños hasta la fase dos en la siguiente etapa.

5.2 ETAPA DOS – DISEÑOS PARA EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD

Una vez finalizados los diseños de las estructuras se debe presentar una breve descripción de los insumos utilizados, fuentes de información, resultado del análisis, conclusiones y recomendaciones para la siguiente fase de estudios, FASE TRES - DISEÑO DEFINITIVO DE OBRA (Informe Ejecutivo Fase dos). Resumiéndose las características de diseño de cada elemento estructural que haga parte de cada una de las estructuras, incluyendo, las recomendaciones y procedimientos de construcción, además de las pruebas de resistencia de los materiales, prueba de carga o cualquier otro criterio de recepción de obra, así como establecer las recomendaciones y procedimientos para adelantar la instrumentación de las estructuras propuestas durante la etapa operación del proyecto.

Se le recordará al Consultor la importancia de validar y confirmar las condiciones del proyecto, las variables empleadas en los diseños, además de considerar las posibles variaciones de diseño para tener en cuenta en el diseño definitivo de las estructuras propuestas, como por ejemplo los cambios futuros en la alineación, anchos de carril o del tablero, aumento del tránsito, o cualquier otra variación en las condiciones actuales del proyecto. Se deberá dejar explícitamente las recomendaciones a tener en consideración durante la siguiente fase de estudios, FASE TRES - DISEÑO DEFINITIVO DE OBRA.

2.12. VOLUMEN XII. ESTUDIO DE URBANISMO Y PAISAJISMO

Para el desarrollo del presente volumen se incluye como mínimo los siguientes capítulos:

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCE
CAPITULO 2. METODOLOGÍA.
CAPITULO 3. RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO DEL ÁREA DEL PROYECTO
CAPITULO 4. REQUERIMIENOS TÉCNICOS DEL ÁREA DE URBANISMO Y PAISAJISMO

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCE

1.1 OBJETIVO

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo, de los estudios de urbanismo y paisaje, es permitir la correcta articulación de los proyectos viales, cobijados por estos requerimientos, con el espacio natural y el espacio construido dentro del cual se implementarán.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Como objetivos específicos para el estudio urbano paisajístico se encuentran los siguientes:

- Comprender de manera clara los contextos naturales y artificiales donde se implementará el proyecto.
- Enunciar criterios de intervención urbana y paisajística de acuerdo a las especificidades propias del lugar.
- Identificar los impactos que la implementación del proyecto produciría en el paisaje.
- Estimar los impactos a nivel de dinámicas urbanas que la intervención originaría en los entornos urbanos.
- Proponer un anteproyecto urbano paisajístico que plasme los criterios de intervención y mitigue los impactos urbano-paisajísticos en el área de trabajo.

1.2 ALCANCE

Realizar un análisis del entorno natural y/o construido a partir de información primaria y secundaria del área de intervención, donde se distingan claramente la clasificación del suelo, dinámicas urbanas o rurales existentes en el sector, análisis paisajístico, determinación de las Unidades de Actuación Paisajística, normativa de ordenamiento territorial aplicable al lugar, usos existentes, densidades poblacionales, grado de consolidación urbana, caracterización de los modos de transporte existentes, haciendo énfasis en la identificación de la existencia y caracterización de aquellos no motorizados, identificación de elementos muebles, inmuebles o expresiones patrimoniales en el lugar; finalmente es necesario realizar conclusiones generales y específicas para cada tema analizado.

A partir del análisis del lugar, proponer lineamientos de intervención que permitan la correcta implantación y articulación del proyecto con su entorno, teniendo en cuenta las condiciones identificadas y las conclusiones realizadas en al punto anterior; es necesario que se realicen criterios de intervención tanto a nivel de paisajismo como de diseño urbano.

Proponer una implantación a nivel de anteproyecto urbano-paisajístico sobre la alternativa de trazado seleccionada por el área de Diseño Geométrico, donde se apliquen los criterios de intervención elaborados en el punto anterior. En este anteproyecto se deben considerar tanto la vía como su interacción con entornos rurales, urbanos y suburbanos, recomendaciones de uso o aprovechamiento de las zonas aledañas al corredor y los elementos complementarios a la infraestructura vial tales como peajes, zonas de descanso, paraderos, puentes, intersecciones, zonas de espacio público peatonal y ciclorrutas donde sean factibles y necesarias.

Realizar un estudio de impacto urbanístico si el corredor afecta zonas urbanas, donde se valoren y analicen las transformaciones que pueda sufrir el entorno construido a causa de la implementación del proyecto y se propongan medidas de mitigación para los mismos.

Realizar un estudio de impacto paisajístico a la totalidad del corredor donde se valoren las posibles afectaciones a las diferentes unidades de actuación paisajística y se propongan medidas de mitigación de los impactos identificados.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

La metodología de los estudios del área de urbanismo y paisajismo Etapa II será propuesta por el Consultor y aprobada por la interventoría. Debe incluir recopilación y análisis de información tanto fuentes primarias como secundarias, consultas a los entes territoriales y autoridades ambientales, y describir expresamente como se van a desarrollar las actividades proyectuales, tanto desde el punto de vista del método a utilizar como de la sucesión de actividades en el tiempo.

Es importante tener en cuenta que las metodologías para estudios y diseños de proyectos viales imponen la necesidad de efectuar retroalimentaciones permanentes entre los distintos campos y especialidades de la ingeniería y de otras disciplinas que intervienen en el diseño integral de un proyecto. Solo esta intercomunicación oportuna durante el período de análisis permite la juiciosa validación y consistencia de los parámetros que se adoptan en el diseño y del conjunto de variables que se derivan.

2.1 SOFTWARE Y PROGRAMAS DE COMPUTADOR

Deberá implementarse la metodología BIM, *Building Information Modeling,* que es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, la cual permite detectar y subsanar en tiempo real posibles inconsistencias, interferencias, y conflictos entre especialidades. El Consultor deberá implementar BIM, realizando la modelación en un software BIM definido por el mismo en el Plan de Ejecución BIM (BEP), y gestionar dicha información en un Entorno Común de Datos (CDE) que facilite la comunicación entre las partes durante el desarrollo del proyecto y donde puedan consignarse documentos como las actas de reunión, actas técnicas, y demás documentos requeridos para la correcta ejecución del contrato.

2.2 DIBUJO DE PLANOS.

Deberá implementarse la metodología BIM, *Building Information Modeling,* que es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, la cual permite detectar y subsanar en tiempo real posibles inconsistencias, interferencias, y conflictos entre especialidades. El Consultor deberá implementar BIM, realizando la modelación en un software BIM definido por el mismo en el Plan de Ejecución BIM (BEP), entregando los modelos tanto en formato nativo como interoperable IFC, además de entregar los planos en formatos DWG y PDF. Los planos en sus formatos deberán tener una expresión y escala adecuada de tal manera que todo el contenido de los planos sea claro y legible, además de estar completos y acordes a lo establecido en la NTC 1580 DIBUJO TECNICO ESCALAS.

CAPITULO 3. RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO DEL ÁREA DEL PROYECTO

Para desarrollar el estudio del lugar es necesario que el Consultor recopile y analice información primaria y secundaria del lugar de intervención del proyecto; para esto, es necesario la definición de un área de influencia directa del corredor, que corresponde a una faja de terreno de 400 metros a cada lado del eje de la vía y que pertenece a la distancia caminable por una persona, y de un área de influencia indirecta, que corresponde a una franja de 800 metros a cada lado del eje vial.

La información mínima que el Consultor debe conseguir, interpretar y analizar es la siguiente:

3.1 INFORMACIÓN PRIMARIA

- Levantamiento fotográfico y en video del área de intervención, indicando la ubicación de cada imagen respecto a la abscisa del eje vial. El levantamiento debe cubrir toda la longitud de la infraestructura y debe hacer especial énfasis en los lugares de alto valor paisajístico, las zonas urbanas y las intersecciones con otras infraestructuras.
- Reuniones con las diversas comunidades, líderes o grupos de interés, incluyendo entidades públicas, para conocer mejor las dinámicas asociadas al territorio a intervenir. De estas reuniones debe quedar constancia en un acta firmada por los respectivos participantes.
- Levantamiento de la situación actual respecto a los usos, grados de consolidación, paisaje y configuración espacial del lugar, el cuál debe verse reflejado en una cartografía a escala adecuada para su correcta interpretación.
- Estudio topográfico y de transito realizados por la respectiva área del Consultor. Esta información se incluirá una vez se haya desarrollado de acuerdo al cronograma de actividades de la consultoría.
- Caracterización de todos los actores de movilidad en el corredor (peatones, bici-usuarios, transporte público, paraderos, ciclo-vía, categorías vehículos, con el fin de tenerlos en cuenta para el diseño de espacios públicos, los cuales deben estar armonizados con el estudio de tránsito. La caracterización de dichos actores deberá tener el apoyo del área de tránsito del proyecto.
- Caracterización de los medios abiótico y biótico del área de influencia directa del proyecto, en particular de la flora, con base en el volumen ambiental de esta fase de estudio.

3.2 INFORMACIÓN SECUNDARIA

- Planes de Ordenamiento (POT, EOT, PBOT) de todos los municipios que se encuentran dentro del área de influencia del proyecto, incluyendo articulado, cartografía y todos los instrumentos y normas complementarios a que haya lugar.

- Normas de accesibilidad al medio físico aplicables al proyecto. El Consultor deberá tener en cuenta y aplicar en sus diseños, como mínimo, las siguientes normas:

- Ley 1618 de 2013 "Por medio de la cual se establecen las disposiciones para garantizar el pleno ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad".

- NTC 4142/1997. Accesibilidad de las personas al medio físico. Símbolo de ceguera y baja visión.
- NTC 4141/1997. Accesibilidad de las personas al medio físico. Símbolo de sordera e hipoacusia o dificultad de comunicación.
- NTC 4695/1999. Accesibilidad de las personas al medio físico. Señalización para tránsito peatonal en el espacio público urbano.
- NTC 4902/2000. Accesibilidad de las personas al medio físico. Cruces peatonales a nivel, señalización sonora para semáforos peatonales.
- NTC 4144/2005. Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios, espacios urbanos y rurales. Señalización.
- NTC 4279/2005. Accesibilidad de las personas al medio físico. Vías de circulación peatonales horizontales.
- NTC 4143/2009 y NTC 4140/2012. Normas Técnicas de Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios, pasillos y corredores, características generales y rampas fijas adecuadas y básicas.
- NTC 4201/2013. Normas Técnicas de Accesibilidad. Equipamientos, bordillos, pasamanos y agarraderas.
- NTC 4279. Normas Técnicas de Accesibilidad. Vías de circulación peatonales horizontales.
- NTC 4695. Normas Técnicas de Accesibilidad. Accesibilidad de las personas al medio físico.
- NTC 4774/2006. Normas Técnicas de Accesibilidad. Cruces peatonales a nivel, elevados o puentes peatonales y pasos subterráneos.
- NTC 5351. Accesibilidad de las personas al medio físico. Paraderos accesibles para transporte público, colectivo y masivo de pasajeros.
- NTC 5610/2008. Normas Técnicas de Accesibilidad. Accesibilidad al medio físico: señalización táctil.

- Información planimétrica de la zona de influencia: planos IGAC, planos DANE.
- Consultas a las entidades públicas que pudieran tener algún tipo de proyecto dentro del área de influencia con el fin de establecer cruces de proyectos, existentes o en proceso, con la propuesta en desarrollo.
- Información ambiental y paisajística existente desarrollada por entidades públicas o privadas.

CAPITULO 4. REQUERIMIENOS TÉCNICOS DEL ÁREA DE URBANISMO Y PAISAJISMO

4.1 ANÁLISIS URBANO – PAISAJÍSTICO DEL ÁREA DE INTERVENCIÓN.

El análisis de las condiciones existentes del lugar es clave para lograr un proyecto exitoso en términos espaciales y de articulación con la realidad física del entorno. Para esto, es necesario que se examinen, como mínimo, los siguientes temas:

ESTUDIO COMPONENTE GENERAL

Este estudio define la ubicación geográfica y las generalidades del entorno, el mismo debe venir a manera de informe, acompañado por la cartografía relevante para la total comprensión del mismo. Como mínimo debe contener:

- Localización del proyecto.
- Identificación de los municipios y departamentos donde se encuentra.
- Identificación de las áreas de influencia directa e indirecta del proyecto.
- Descripción de las necesidades que suple el proyecto.
- Normatividad urbanística y territorial aplicable al área de influencia del proyecto.
- Clasificación del suelo que se encuentra dentro del área de influencia directa e indirecta del proyecto.
- Identificación de usos existentes dentro del área de influencia.
- Identificación de los grados de consolidación del entorno construido dentro del área de influencia.
- Determinación de la densidad poblacional dentro del área de influencia.
- Identificación de los elementos constitutivos del patrimonio, mueble, inmueble, ambiental e inmaterial, ya sean de escala local o nacional.

ESTUDIO ESPECÍFICO DEL AREA DE INTERVENCIÓN.

El estudio específico del área de intervención debe presentarse a manera de informe, acompañado por la cartografía relevante para la total comprensión de este, y debe contener como mínimo:

- Determinación y caracterización de tramos y puntos críticos, en zonas urbanas, suburbanas y rurales. La determinación de los tramos y puntos críticos tendrá en cuenta factores como: trayectos en zonas urbanas; trayectos en zonas suburbanas y rurales con densidades significativas; accidentalidad y seguridad vial; presencia de altos volúmenes de tráfico peatonal y de ciclistas.

- Planos de análisis de interacción funcional entre la infraestructura vial objeto de diseño y el territorio de influencia, para zonas:

    - Urbanas.
    - Suburbanas.
    - Rurales de alta densidad o complejidad funcional.

- Cuadros y planos de análisis de volúmenes de tránsito local en sentidos paralelo y transversal a la vía, para los diferentes modos, en los tramos y puntos críticos, tomando como base los estudios del área de tránsito y transporte, para:

- Vehículos automotores de carga y pasajeros.
- Motocicletas.
- Bicicletas.
- Peatones.

- Matrices y planos de análisis de Origen-Destino para desplazamientos locales, aplicado a los diferentes modos, en los tramos y puntos críticos, tomando como base los estudios del área de tránsito y transporte, para:

- Vehículos automotores de carga y pasajeros.
- Motocicletas.
- Bicicletas.
- Peatones.
- Identificación de las dinámicas de desarrollo urbano dentro del área de influencia a partir de un estudio de transformación de la estructura predial y el entorno construido.

ESTUDIO PAISAJÍSTICO DEL ÁREA DE INTERVENCIÓN.

Adicionalmente al estudio general y específico, es necesario realizar un estudio paisajístico de la totalidad del área de intervención del proyecto, el cual debe venir a manera de informe y acompañado por la cartografía relevante para la total comprensión del mismo. Para este se desarrollarán las siguientes actividades:

- Identificación del área de estudio del paisaje, la cual debe incluir los siguientes elementos:

- Generalidades del paisaje en el entorno del proyecto.
- Sectores de valor paisajístico existente o potencial.
- Elementos singulares de alto valor dentro del paisaje.
- Núcleos urbanos.
- Áreas con destino a la recreación, el turismo u otras que tengan afluencia masiva de personas.

- Identificación de las unidades de paisaje dentro del área de influencia de la intervención, entendiendo por unidad de paisaje, aquella área geográfica definida por la existencia de un paisaje específico, y que pueden ser de tipo natural, rural, urbano e incluso cultural.

- Identificación de los elementos para cada una de las unidades de paisaje. En este punto es necesario identificar y valorar los siguientes elementos:

- Elementos estructurales del paisaje, que son elementos permanentes del mismo, tales como relieve, clima, hidrografía, geomorfología, etc.
- Elementos texturales, los cuales se refieren a los elementos que conforman la cobertura del suelo (vegetación, construcciones y demás). Estos elementos

pueden ser de orden natural, vegetales relacionados con la explotación agroforestal, construcciones, etc.
  - Elementos culturales del paisaje.

- Identificación de las relaciones de cada unidad de paisaje entre ellas y con los elementos circundantes. Para este ítem es necesario abordar las relaciones de las unidades de paisaje desde las siguientes ópticas:

  - Funcional: identificando el modelo de relaciones antrópicas que existe entre las diferentes unidades de paisaje.
  - Formal: referido a las relaciones de composición, forma, proporción, textura y vista de las unidades paisajísticas.
  - Ecológicas: referidas al paisaje como soporte (biotopo) para las relaciones ecológicas dentro del territorio.

- Identificación de la dinámica del paisaje, es decir, reconocer los cambios y transformaciones que ha sufrido el paisaje en el tiempo como un modo de comprender su evolución y de prever las tendencias de desarrollo que tiene a futuro.
- Valoración del paisaje, la que corresponde no solo a una mera recapitulación de sus características o a una enumeración de sus elementos sino que más bien consiste en extractar los aspectos relevantes del mismo, resaltando sus aspectos más significativos y permitiendo depurar las características esenciales de cada unidad paisajística. Para esta labor es indispensable identificar los siguientes valores de cada unidad:

  - Valores Tangibles: son los valores ecológicos, los valores históricos y los valores productivos que tiene cada unidad de paisaje.
  - Valores intangibles: son los valores identitarios, los valores culturales y los valores estéticos de cada entorno.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES RESPECTO AL ANÁLISIS DEL ÁREA DE INTERVENCIÓN

A partir de los análisis realizados en cada uno de los estudios anteriores (general, específico y paisajístico) es necesario realizar conclusiones y recomendaciones diáfanas respecto a cada punto de análisis que, además, deben ser útiles para el desarrollo de los criterios de diseño de la especialidad. Estas conclusiones y recomendaciones deben ir acompañadas por cartografías síntesis, que permitan fácilmente reconocer de manera gráfica las características y elementos identificados en el diagnóstico espacial por parte del Consultor.

4.2 LINEAMIENTOS DE DISEÑO URBANO PAISAJÍSTICO PARA EL DESARROLLO DEL ANTEPROYECTO Y DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS

Tomando como punto de partida las conclusiones y recomendaciones fruto del numeral anterior en este punto el consultor desarrollará los lineamientos de espacio público, paisajismo y urbanismo, los cuales servirán para la correcta implementación del proyecto y servirán de

insumo para el desarrollo del proyecto, tanto de la espacialidad como de las otras especialidades. Estos lineamientos deben incluir como mínimo:

- Lineamientos para el manejo, ubicación y diseño del espacio público peatonal.
- Lineamientos para el manejo, ubicación y diseño de las ciclorrutas.
- Lineamientos para la implementación, ubicación y diseño del mobiliario urbano (incluyendo paraderos).
- Lineamientos para la implementación, ubicación manejo y diseño de las zonas de descanso, zonas operativas y peajes en el proyecto.
- Lineamientos de diseño para los puentes e intersecciones que se puedan presentar en el proyecto (incluyendo puentes peatonales si se considera pertinente).
- Lineamientos para la implementación y el diseño de los elementos del paisaje de acuerdo con las respectivas unidades identificadas.
- Lineamientos para el manejo, selección y ubicación de los elementos vegetales (árboles, arbustos, coberturas).
- Lineamientos para el manejo y diseño de los tramos y puntos críticos, en zonas urbanas, suburbanas y rurales.
- Lineamientos para el manejo y diseño de las zonas de retiro, carriles de desaceleración, espacio público asociado y accesos a predios privados, tanto en zonas urbanas, suburbanas y rurales.

4.3 ANTEPROYECTO DEL ÁREA DE URBANISMO Y PAISAJISMO

Tomando como premisas de actuación los lineamientos de diseño producidos en el apartado anterior, y como base la alternativa de diseño geométrico seleccionada, el Consultor implementará un anteproyecto que muestre las ideas desarrolladas para el área de urbanismo y paisajismo, distinguiendo entre las que se ejecutarán como parte del proyecto de infraestructura vial y aquellas cuyos lineamientos de planeación se propondrán para su implementación por otros actores públicos y privados. De acuerdo con esto, el Consultor debe desarrollar al menos:

Especificar las soluciones recomendadas para las zonas urbanas a lo largo de la vía para las zonas suburbanas, así como para las zonas rurales identificadas como de alta densidad y complejidad.

Las soluciones recomendadas incluirán, entre otros, elementos tales como:

- Las fajas mínimas de retiro obligatorio o áreas de exclusión o zonas de reserva definidas en la Ley 1228 de 2008.

- Criterios para el diseño geométrico y paisajístico de la franja de aislamiento y la calzada de desaceleración establecidos en los decretos 3600 de 2007 y 4066 de 2008.

- Criterios para la implantación en los linderos con las zonas de reserva de la vía del tratamiento paisajístico establecido en el artículo 5º de la Ley 1228 de 2008.

- Criterios para los diseños específicos para los pasos urbanos definidos en el decreto 2976 de 2010, con sus correspondientes fajas de retiro obligatorio o área de reserva o de exclusión. En particular, se establecerán los criterios urbanísticos y paisajísticos para el diseño de las vías de servicio definidas en el decreto 2976 de 2010, con sus carriles de aceleración o desaceleración. Estos criterios constituyen la base para el diseño geométrico contenido en el volumen correspondiente, de manera consistente con el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras vigente expedido por el Instituto Nacional de Vías.

En las soluciones recomendadas se especificarán elementos tales como:

- Vías de servicio.
- Carriles de aceleración y desaceleración.
- Diseños tipo para accesos y salidas de predios, según categorías de uso, complejidad funcional, intensidad de tránsito.
- Andenes / alamedas para tránsito peatonal.
- Ciclo rutas.
- Soluciones para intersecciones con vías locales.
- Cruces peatonales / bicicleta: a nivel, y a diferente nivel.
- Componentes del diseño paisajístico.
- Identificación y caracterización de las especies que serán implantadas como parte del diseño paisajístico.
- Plan de implantación de las especies vegetales.

Para los componentes que hacen parte del diseño geométrico de la vía, se presentarán en este volumen los criterios y especificaciones generales que son desarrollados en el volumen de diseño geométrico de esta Fase. Para los demás componentes, como son los correspondientes al espacio público, amoblamiento urbano y paisajismo, se presentarán, como parte de este volumen.

4.4 ANÁLISIS DE IMPACTOS URBANÍSTICOS EN EL ENTORNO DEL PROYECTO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE ESTOS

Los impactos urbanísticos corresponden a las consecuencias negativas que se originan con la implantación de un proyecto en zonas urbanas y suburbanas, y en el caso específico estos requerimientos de proyectos correspondientes a infraestructura de movilidad.

Los impactos urbanísticos pueden producirse por la afectación de la estructura de los espacios construidos a las dinámicas de movilidad y a la estructura del espacio público. Una vez se cuente con los estudios de Fase II, donde se incluyen los lineamientos de intervención y los planos de implantación a nivel de anteproyecto, es necesario abordar estos efectos sobre los entornos urbanos y suburbanos de la siguiente manera:

IMPACTOS URBANÍSTICOS RESPECTO A LA ESTRUCTURA DE ESPACIOS CONSTRUIDOS:

La estructura de espacios construidos corresponde a las edificaciones (existentes o futuras), la forma como se relacionan con el suelo (es decir sus índices urbanísticos) y su patrón de usos. Es necesario que el Consultor realice el análisis de los impactos que se darían sobre esta estructura a partir de la propuesta de anteproyecto, se formulen las respectivas estrategias de mitigación y finalmente, se reduzcan las externalidades negativas que el proyecto podría generar.

Este análisis es necesario ya que los impactos producidos por los proyectos de infraestructura vial respecto a lo construido son los más difíciles de controlar, ya que no se encuentran dentro de la esfera de acción pública sino de los ciudadanos o entidades dueños de los predios circundantes, haciendo necesario el control estricto de estas afectaciones desde la formulación misma de los estudios y diseños.

Respecto a la estructura de espacios construidos los impactos que deben ser analizados por el Consultor son los siguientes:

- Cambio del patrón de usos existente.

Con la implantación de equipamientos en el entorno urbano se producen demandas insatisfechas por parte de los usuarios y trabajadores de estos; con ello, se producen cambios en los usos de los predios dentro del área de influencia en busca de otros usos que generen una mayor renta del suelo. Este tipo de impacto puede producir las siguientes consecuencias:

- Cambios en la estructura espacial de las edificaciones por las necesidades propias del nuevo uso implementado.
- Expulsión del uso de vivienda de los sectores de influencia.
- Atracción de usos de alto impacto sin ningún tipo de regulación.
- Cambio en relación entre el espacio construido y el componente predial.

La implementación de equipamientos en el tejido de la ciudad produce cambios en cuanto a la relación de las edificaciones, existentes o futuras, y el suelo en el cual se encuentran implantadas. Estas transformaciones se expresan en el aumento del área construida respecto al área del predio, aumento en la ocupación de área construida en primer piso, construcción de nuevas áreas en zonas no ocupables de los predios y variaciones en la estructura predial. Estos impactos se ven representados en el espacio urbano de la siguiente manera:

- Densificación, planeada o no, del área aferente al equipamiento.
- Aumento de los índices de ocupación y/o construcción de los predios dentro del entorno del equipamiento, generalmente de manera ilegal, es decir, sin el cumplimiento de los requisitos de construcción municipales.
- Ocupación con construcciones de áreas no desarrollables de los predios tales como antejardines, patios y aislamientos.
- Subdivisiones o englobes de terreno sin cumplir con los requisitos legales y normativos.

IMPACTOS URBANÍSTICOS RELACIONADOS CON LA ESTRUCTURA VIAL Y DE TRANSPORTE

La estructura vial y de transporte engloba temas como accesibilidad, vías y estacionamientos, estos aspectos se ven directamente afectados con la implementación de un proyecto de infraestructura vial; en relación con los impactos a la estructura vial y de transporte el Consultor debe identificar los siguientes:

- Aumento del tráfico automotor

Por evidentes razones los proyectos viales generan un aumento del tráfico automotor, lo que trae como consecuencia los siguientes aspectos:

- Congestión.
- Reducción de la seguridad vial.
- Aumento en la demanda de infraestructura vial.
- Aumento de la demanda de Estacionamientos.

Los proyectos de infraestructura y los subsiguientes cambios de uso que producen en el territorio producen un aumento en la demanda de estacionamientos para vehículos particulares, produciendo los siguientes resultados negativos:

Invasión de las calzadas y espacios públicos para ser utilizados como estacionamiento.

- Explotación económica de bienes públicos por parte de privados.
- Necesidad de adaptar los predios colindantes para suplir las necesidades de estacionamiento.

IMPACTOS URBANÍSTICOS ASOCIADOS A LA ESTRUCTURA DE ESPACIO PÚBLICO

Una de las estructuras que más se ve afectada por la presencia de un proyecto de movilidad es la que corresponde al espacio público; los flujos de peatones y biciusuarios que pueden llegar a transitar por la zona de influencia del proyecto demandan dimensiones suficientes, estado físico adecuado y accesibilidad universal garantizada; adicionalmente, es necesario tener en cuenta las condiciones para un desplazamiento agradable en bicicleta. Los impactos urbanísticos sobre la estructura de espacio público peatonal que el Consultor debe identificar y analizar son:

- Aumento de la demanda de espacio público peatonal.

La incorporación o la mera existencia de un equipamiento de movilidad exigen del espacio público unas condiciones de orden tanto cualitativo como cuantitativo para poder operar adecuadamente. Dentro de este orden de ideas, los equipamientos producen sobre el espacio público los siguientes efectos:

- Insuficiencia de las dimensiones del espacio público existente no planificado para soportar el equipamiento.
- Deterioro de las condiciones físicas del espacio público.

- Dificultad de las personas en condición de discapacidad para acceder a los servicios prestados por el equipamiento.
- Explotación del espacio público peatonal por parte de privados.

Otro de los impactos que producen los proyectos de transporte es la explotación del espacio público y las zonas de derecho de vía por parte de privados. Esto se expresa en los siguientes resultados:

- Invasión del espacio público por parte del comercio informal y en algunos casos del formal para su explotación económica.
- Invasión de las zonas de derecho de vía para su explotación económica.
- Invasión del espacio público peatonal y las zonas de derecho de vía e infraestructuras asociadas (como carriles de desaceleración) para el estacionamiento de vehículos.

MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y RETROALIMENTACIÓN DEL ANTEPROYECTO

A partir de los impactos identificados anteriormente, el Consultor debe proponer las respectivas medidas de mitigación, identificando su carácter, aplicabilidad y responsable. Estas medidas se implementarán finalmente dentro del anteproyecto, produciendo así un insumo fiable y adecuado para la etapa III – Estudios y diseños definitivos.

4.5 ANÁLISIS DE IMPACTOS PAISAJÍSTICOS EN EL ENTORNO DEL PROYECTO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE ESTOS

En esta etapa, III- Contratación, el Consultor debe identificar los impactos que se pueden producir en el paisaje a causa de la implementación del proyecto. En este lapso de tiempo, y contando ya con un anteproyecto realizado teniendo en cuenta las directrices fruto del análisis del territorio, es posible realizar un balance de los impactos en el territorio pese a haber seguido cuidadosamente las medidas y estrategias de diseño de la etapa II.

Como mínimo los impactos en el paisaje que deben ser analizados con el fin de producir medidas de mitigación para los mismos, son los siguientes:

IMPACTOS ASOCIADOS A LA DIMESION SENSORIAL DEL TERRITORIO

La dimensión sensorial del territorio se refiere a los aspectos relacionados con la percepción por medio de los sentidos humanos de un lugar; dentro de estos se encuentran aspectos visuales, sonoros y sensoriales en general. El Consultor debe analizar los siguientes impactos asociados al desarrollo del proyecto:

- Impactos Visuales:
-

¬ Sobre los elementos geomorfológicos: transformación de la integridad morfológica del terreno.

¬ Sobre los elementos vegetales: transformación de la integridad de la vegetación natural del espacio.
¬ Sobre los patrones formales y/o compositivos: forma, textura, escala dentro de las distintas escenas.

- Impactos Sonoros:

¬ Están referidos a todos aquellos sonidos, entendidos extensivamente como ruidos, que, por superar los niveles de decibelios recomendables como confortables para el ser humano, o bien por representar acciones o situaciones perceptiva o psicológicamente desagradables, se convierten en variables que empeoran la calidad sonora y escénica.

- Otros impactos sensoriales:

¬ Los olores u otras sensaciones que provocan rechazo, miedo o intranquilidad.

IMPACTOS ASOCIADOS A LA FUNCIONALIDAD PAISAJÍSTICA

Estos impactos están asociados a las funciones propias del paisaje. El Consultor debe analizar, como mínimo:

- Impactos sobre la funcionalidad social y económica:

¬ Cada espacio, en función de su tipo de paisaje, tiene una funcionalidad que implica una determinada distribución de los elementos que lo conforman. La modificación de esa disposición altera la lógica territorial, convirtiéndose en un impacto sobre su funcionalidad. Esta disfunción puede conllevar una pérdida de su productividad, ya sea agrícola, forestal, turística o recreativa, de tal forma que se pueden ver insatisfechas las necesidades sociales y económicas de una población en clave de desarrollo sostenible. Así, *verbi gratia*, la construcción de una gran infraestructura sin la reflexión previa sobre el modelo de organización del territorio y los ejes vertebradores de los distintos asentamientos afectados puede provocar una desconexión entre áreas dependientes o complementarias desde el punto de vista social y económico.

- Impactos sobre la funcionalidad geo-sistémica:

¬ La pérdida de biodiversidad y de geodiversidad produce una la pérdida directa e indirecta de la calidad y diversidad paisajística. Es necesario analizar estos impactos para buscar las medidas de mitigación más idóneas para evitar la pérdida de calidad paisajística de un entorno.

- Impactos sobre el carácter histórico del lugar:

¬ Impactos sobre el patrimonio mueble, inmueble y cultural: entendidos como tales los efectos de transformación de elementos materiales e inmateriales que son resultado de herencias culturales de distintas épocas. Costumbres, tradiciones, elementos paisajísticos de gran antigüedad como árboles singulares y edificios con significado histórico son parte de una larga lista de elementos que conectan la sociedad con eventos y personas que tuvieron importancia

en épocas anteriores y que configuran la identidad territorial. El significado histórico puede ser comprendido como la unión del patrimonio material e inmaterial pero visto desde una perspectiva perteneciente a la dinámica paisajística.

¬ Impactos sobre lugares de interés histórico: es necesario comprender las afectaciones que se pueden producir en lugares donde se desarrollaron acontecimientos de importancia en la configuración histórica del territorio, estos deben ser preservados de actuaciones que desfiguren o enmascaren la memoria histórica ya que con la implementación del proyecto pueden ser objeto de transformaciones graves debido al desconocimiento de la importancia de los mismos, provocando la desaparición de las huellas o manifestaciones humanas que los hicieron especiales.

- Impactos en la dimensión estética del paisaje:

¬ El paisaje es una creación del ser humano y como tal no existe si alguien no lo percibe. Esta percepción, que emana tanto de lo sensorial como de la memoria, es la que hace que cada sociedad y cada individuo reconozca en un paisaje determinados valores estéticos, es necesario entonces que el Consultor interprete que impactos de tipo negativo podría producir el proyecto en dicha percepción.

- Impactos sobre o patrimonio natural o científico:

¬ Impacto sobre los valores naturales del territorio: se trata del tipo más analizado, y comprende las afecciones ambientales sobre la integridad de los ecosistemas, tanto vegetales y animales como geológicos, así como sobre las aguas continentales y marinas. También forman parte de este apartado los impactos o transformaciones sobre la integridad de los espacios merecedores de especial atención en función de estos valores.

¬ Impacto en la pérdida de información científica y ambiental: existe un patrimonio científico cuya información es fundamental para el estudio de ambientes y climas pasados y la interpretación de los futuros. Este lleva paralelo un contenido educativo intrínseco que puede concienciar a las generaciones futuras sobre la necesidad de proteger y respetar el medio en el que vivimos.

MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y RETROALIMENTACIÓN DEL ANTEPROYECTO

A partir de los impactos identificados anteriormente, el Consultor debe proponer las respectivas medidas de mitigación, identificando su carácter, aplicabilidad y responsable. Estas medidas se implementarán finalmente dentro del anteproyecto, produciendo así un insumo fiable y adecuado para la etapa III – Estudios y diseños definitivos.

4.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio deberá suministrar resultados y recomendaciones que permitan:

- Compilar la información secundaria y primaria utilizada para el estudio, así como, los resultados del análisis de la información de las áreas de influencia del proyecto, de los volúmenes de tránsito, y de origen-destino para los diferentes modos, en los tramos y puntos críticos.
- Definir el conjunto de sitios en los cuales se requiere la elaboración de diseño urbanístico y paisajístico en el proyecto.
- Identificar y evaluar las alternativas de criterios de tratamiento, para los diferentes componentes de la infraestructura, con su correspondiente estimación de costos que involucra para el proyecto.
- Establecer los criterios utilizados en la evaluación de las alternativas identificadas.
- Determinar las alternativas recomendadas de solución para las zonas urbanas a lo largo de la vía, para las zonas suburbanas, así como para las zonas rurales identificadas como de alta densidad y complejidad.
- Establecer el esquema de temporalidad en la implementación de dichas soluciones en el proyecto.
- Identificar los impactos urbanísticos que se podrían generar con la implementación del proyecto como se encuentra diseñado en su fase de anteproyecto.

-Identificar los impactos paisajísticos que se podrían generar con la implementación del proyecto como se encuentra diseñado en su fase de anteproyecto.

-Proponer medidas de mitigación en los impactos urbanísticos y paisajísticos identificados.

-Retroalimentar el Anteproyecto Urbano-Paisajístico para evitar los impactos que se pueden producir en el territorio.

- Se deberá dejar explícitamente las recomendaciones a tener en consideración durante la siguiente fase de estudios.
- Ser un insumo fundamental para la actuación de otros especialistas indispensables en los estudios y diseños requeridos para un proyecto vial.

4.7 ANEXOS DEL VOLUMEN

Se deberá organizar en medio digital toda la información secundaria y primaria que haya sido utilizada para el desarrollo del presente Estudio. Así mismo, se deberá clasificar para fácil consulta, tanto por parte del Interventor y/o del INVÍAS, como por cualquier otra persona que se encuentre interesada en acceder a dicha información.

Como anexo del volumen se deberá incluir los planos del anteproyecto desarrollado y complementado con el resultado de los estudios de impacto urbanístico y p

2.13. VOLUMEN XIII. ESTUDIO DE REDES SECAS

VOLUMEN I. EVALUACIÓN FINANCIERA:

Este volumen deberá contener los siguientes capítulos:

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA
CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN Y/O TOMA DE INFORMACIÓN (SECUNDARIA)
CAPÍTULO 4. REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVIDAD DE REFERENCIA
CAPÍTULO 5. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS PARA EL DISEÑO DE REDES SECAS.
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
ANEXOS

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES

El objeto de este documento es generar los lineamientos básicos del componente de Redes Secas (Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural) para el desarrollo de estudios y pre-diseños viales Fase II a cargo del INVÍAS.

En su alcance se encuentra la definición de una metodología básica a seguir, recopilación de información secundaría, requerimientos técnicos, conclusiones y recomendaciones.

En cuanto a los estudios a desarrollar, el objeto y alcance está dirigido al Consultor encargado, quien deberá realizar las investigaciones de campo de las redes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural requeridas para el proyecto vial a desarrollar, donde como primera fase deberá realizar la consecución, análisis de información secundaria y primaria de las redes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural, teniendo en cuenta los estudios y diseños previamente realizados dentro del área de influencia del proyecto, realizando consultas con las empresas de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural local y la alcaldía correspondiente, de los diseños adelantados y récord de obra finales.

Determinación de la localización o protección de éstas por afectación debida al proyecto vial, donde partirá la investigación de las redes de energía, telecomunicaciones y gas natural existentes, la cual deberá contener toda la información necesaria para caracterizar la infraestructura de servicios de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural del sector.

Realizar la definición de posibles alternativas para la solución a las interferencias que presente el proyecto vial con la infraestructura de redes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural existente o proyectado en el sector, donde realizará un análisis técnico y económico de las mismas, presentándolas a la interventoría, empresa de servicios públicos local y al contratante, con el fin de definir y determinar la alternativa más favorable.

Realizar el análisis y revisión de la reglamentación o normativa de las empresas de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural local, determinando la competencia para la realización de estudios y prediseños de traslado de redes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural requeridas para el proyecto, así como determinar las gestiones y trámites que deben ser desarrolladas en las siguientes etapas del proyecto.

Finalmente deberá en sus estudios presentar las recomendaciones para los diseños fase III a desarrollarse posteriormente: mediante contacto con las empresas prestadoras o distribuidoras de los servicios de Energía, Telecomunicaciones y Gas natural, obtener información de los proyectos de modificación o ampliación de las redes de del sector donde se desarrollará el proyecto, con el fin de conocer y acoger dentro del proyecto dichas obras proyectadas – obtención de información secundaria.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

Como metodología básica para desarrollar el alcance de este estudio, se tienen las siguientes actividades mínimas para realizar:

- Mediante contacto con las empresas prestadoras o distribuidoras de los servicios de Energía y Telecomunicaciones, obtener información de los planes de modificación o ampliación de las redes del sector donde se desarrollará el proyecto, con el fin de conocer y acoger dentro del mismo dichas obras proyectadas – obtención de información secundaria-.
- Obtención de la información del catastro de las redes existentes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural.
- Análisis y revisión del levantamiento topográfico de redes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural.
- Elaboración de plano de redes existentes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural.
- Definición de las afectaciones de las redes existentes por el proyecto.
- Evaluación del estado de las redes existentes que se afectarán por el proyecto.
- Definición de las alternativas de solución a las afectaciones del proyecto sobre las redes existentes.
- Iniciar gestiones de convenios con los operadores respectivos de cada red de acuerdo a la magnitud de cada proyecto.
- Conclusiones y recomendaciones para tener en cuenta en la elaboración de estudios Fase III.

2.1 SOFTWARE Y PROGRAMAS DE COMPUTADOR

Deberá implementarse la metodología BIM, *Building Information Modeling,* que es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, la cual permite detectar y subsanar en tiempo real posibles inconsistencias, interferencias, y conflictos entre especialidades. El Consultor deberá implementar BIM, realizando la modelación

en un software BIM definido por el mismo en el Plan de Ejecución BIM (BEP), y gestionar dicha información en un Entorno Común de Datos (CDE) que facilite la comunicación entre las partes durante el desarrollo del proyecto y donde puedan consignarse documentos como las actas de reunión, actas técnicas, y demás documentos requeridos para la correcta ejecución del contrato.

2.2 DIBUJO DE PLANOS.

Deberá implementarse la metodología BIM, *Building Information Modeling,* que es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, la cual permite detectar y subsanar en tiempo real posibles inconsistencias, interferencias, y conflictos entre especialidades. El Consultor deberá implementar BIM, realizando la modelación en un software BIM definido por el mismo en el Plan de Ejecución BIM (BEP), entregando los modelos tanto en formato nativo como interoperable IFC, además de entregar los planos en formatos DWG y PDF. Los planos en sus formatos deberán tener una expresión y escala adecuada de tal manera que todo el contenido de los planos sea claro y legible, además de estar completos y acordes a lo establecido en la NTC 1580 DIBUJO TECNICO ESCALAS.

CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN Y/O TOMA DE INFORMACIÓN (SECUNDARIA)

El Consultor deberá realizar la búsqueda de información secundaria en las empresas de Energía y Telecomunicaciones donde el proyecto se desarrollará, consecución de planos de redes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural, planos récord de obra ejecutada y planos de proyecto. También se debe consultar la Secretaría de Planeación local los planes maestros para estas redes.

Esta información secundaria deberá ser la referencia inicial para validar las redes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural existentes y proyectadas en el área de intervención del proyecto la cual deberá ser confrontada con información primaria tomada de campo, para la elaboración de planos de redes existentes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural.

CAPÍTULO 4. REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVIDAD DE REFERENCIA

Los reglamentos y normas descritos a continuación sirven como referencia básica para el diseño de la solución de interferencias de las redes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural.

Reglamento técnico de instalaciones eléctricas – RETIE vigente: los requisitos y prescripciones técnicas de este reglamento son de obligatorio cumplimiento en Colombia, en todas las instalaciones nuevas, remodelaciones o ampliaciones, públicas o privadas, con valor de tensión nominal mayor o igual a 25 V y menor o igual a 500 kV en corriente alterna (C.A.) y con frecuencia de servicio nominal inferior a 1000 HZ.

- Código Eléctrico Colombiano (Norma Técnica Colombiana NTC 2050, segunda actualización de mayo de 2020, que está basada en la norma técnica NFPA 70). El RETIE declara de obligatorio cumplimiento la introducción en los aspectos que no contradigan el reglamento y los primeros siete capítulos con sus tablas relacionadas que en forma resumida comprenden:

Cap. 1. Definiciones y requisitos generales para instalaciones eléctricas.
Cap. 2. Los requisitos de alambrado y protecciones.
Cap. 3. Los métodos y materiales de las instalaciones.
Cap. 4. Los requisitos de instalación para equipos y elementos de uso general.
Cap. 5. Los requisitos para ambientes especiales.
Cap. 6. Los requisitos para equipos especiales.
Cap. 7. Las condiciones especiales de las instalaciones.

En el evento en que se presenten diferencias entre el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas y la NTC 2050 segunda Actualización, primará lo establecido en el Anexo General del RETIE; la autoridad para dirimirlas es el Ministerio de Minas y Energía o en su defecto lo que nos indique el equipo de la Interventoría o la ESP.

Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público – RETILAP (resolución No. 180540 de 30 de marzo de 2010 del Ministerio de Minas y Energía).

Así mismo, los reglamentos y normas descritas a continuación constituirán las referencias básicas para el diseño definitivo de la solución de interferencias de las redes de comunicaciones:

- Manual de construcción de redes telefónicas de la empresa UNE, EPM, CLARO, TIGO, MOVISTAR, ETB.
- Especificaciones técnicas de construcción de infraestructura de red de la Empresa Pública de Energía.
- Especificaciones técnicas de construcción de infraestructura de redes de gas natural-Vanti.

4.1 INVESTIGACIÓN DE REDES Y DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE DE ENERGÍA

Se parte del levantamiento topográfico de la infraestructura existente tanto aérea como subterránea, con ubicación de postes y tipos de cajas de inspección, y la información sobre el cableado existente de redes de media y baja tensión, acometidas domiciliarias, líneas de transmisión, transformadores, equipos de calidad de energía, tensión de la red, tipo de luminarias con la indicación del número de rótulo, ductería con su diámetro y cantidad total y ductos disponibles (redes eléctricas y telemáticos), número del centro de distribución, puntos físicos e identificación de la infraestructura y demás información pertinente. Se deben identificar

los circuitos de MT, y las cargas de los usuarios que se requieran para el diseño, para lo cual se solicitará la información al operador de red.

4.2 INVESTIGACIÓN DE REDES Y DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE DE TELECOMUNICACIONES

El levantamiento de redes existentes debe partir del levantamiento topográfico de postes, cámaras y armarios con punto levantado en su centro e incluyendo cajas de paso dobles, cajas de paso sencillo y su correspondiente acotación y de acuerdo con las normas del operador de red regional. Para destapar las cámaras se debe evitar el uso de la pica la cual actúa de manera destructiva, se recomienda el empleo de la pala y la barra. Para ejecutar esta actividad se debe contar con la autorización y acompañamiento de la Empresa y con personal y equipo, ya sea de INVÍAS o de nuestro proveedor de servicio.

4.3 INVESTIGACIÓN DE REDES Y DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE DE GAS NATURAL

Consiste en la localización de las cajas que contienen los sellos y las válvulas que regulan la red construida, normalmente ubicadas en las esquinas; en ellas, será medida su profundidad respecto a la tapa de la válvula, mediante el empleo del flexómetro.

El equipo de trabajo del Consorcio identificará un alineamiento aproximado de la red de GAS NATURAL. De ser necesario se deben realizar apiques, bajo la supervisión de personal autorizado por parte de Vanti.

CAPÍTULO 5. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS PARA EL DISEÑO DE REDES SECAS

Partiendo de la identificación de interferencias, se deberán plantear las alternativas de solución y las implicaciones para la ejecución de estas obras. También, se deberá realizar la evaluación técnica y económica de las alternativas planteadas con el acompañamiento de la Interventoría y de la Empresa prestadora de servicios públicos. El Consultor definirá cual es la que se implementará.

Se debe contar con la factibilidad por parte del operador regional; donde muestre la directriz de las condiciones para la obtención de los diferentes servicios (Energía, Comunicaciones y Gas Natural).

Una vez teniendo claras las condiciones de servicio, el Consultor debe verificar la competencia de la Entidad para la realización de los estudios y diseños. De esta manera, este requerimiento aplicará para los casos en que la Entidad ejecutora del proyecto deba en efecto adelantar los diseños, previa verificación de sus competencias y adelantadas las gestiones, consultas, trámites y coordinación con las entidades prestadoras de servicios. Si es competencia de la

Entidad realizar los estudios y prediseños, se debe de entregar las diferentes alternativas tanto técnicas como presupuestales de acuerdo a la Ley de infraestructura 2013, Capitulo III.

Artículo 47. Formulación y ejecución de proyectos de infraestructura de transporte que involucran la protección, el traslado o reubicación de redes y activos. Las entidades públicas o personas de derecho privado responsables de formular y ejecutar proyectos de infraestructura de transporte deberán analizar en cada caso lo siguiente:

1. La pertinencia de proteger, trasladar o reubicar las redes y activos de servicios públicos, de la industria del petróleo o de tecnologías de la información y de las comunicaciones como consecuencia del desarrollo de estos proyectos o de conservar o modificar la ubicación del proyecto de infraestructura. En todo caso deberá primar la opción que implique menores costos e impactos generales.
2. Las condiciones técnicas, legales y financieras bajo las cuales se efectuará dicha protección, traslado o reubicación.
3. La existencia de convenios o acuerdos para la protección, traslado o reubicación de redes y activos con prestadores de servicios públicos u operadores de redes, activos y servicios de tecnologías de la información y de las comunicaciones o de la industria del petróleo.

Realizado el anterior análisis, las entidades públicas o personas de derecho privado responsables de formular y ejecutar proyectos de infraestructura de transporte podrán:

a) Aplicar el convenio o acuerdo vigente para realizar la protección, el traslado o reubicación de redes y activos.
b) Celebrar los convenios o acuerdos necesarios para establecer o definir las condiciones para realizar la protección, el traslado o reubicación de redes y activos.
c) De no lograr ningún acuerdo, se deberá adelantar el procedimiento para la protección, reubicación o traslado de redes y activos de que trata el artículo siguiente, a partir de su numeral 4.

Artículo 48. Procedimiento para la protección, reubicación o traslado de activos y redes. Cuando una Entidad pública responsable de un proyecto de infraestructura de transporte identifique la necesidad de trasladar, reubicar o proteger, entre otros, redes o activos de servicios públicos, de la industria del petróleo, o de tecnologías de la información y las comunicaciones, deberá:

1. Enviar comunicación escrita al prestador u operador pertinente, indicándole la ubicación georreferenciada del proyecto de infraestructura de transporte y demás información disponible que se requiera para identificar la(s) red(es) y activo(s) específicos a proteger, reubicar o trasladar.
2. Informarle al prestador u operador del servicio sobre la existencia de convenios, contratos o cualquier acuerdo de voluntades en virtud de los cuales la Entidad pública responsable del proyecto de infraestructura de transporte y el prestador y/u operador hayan definido sus derechos y obligaciones relacionadas con la protección, el traslado o reubicación de redes y activos.

3. El prestador y/u operadores atenderá la comunicación indicada en el numeral primero del presente artículo dentro de los treinta (30) días calendario a su recibo, informando por escrito:

   i. Tipología y caracterización de la red o activo según el servicio al que corresponda.
   ii. Inventario de elementos que conforman la red o activo objeto de protección, traslado o reubicación y dimensionamiento, según aplique.
   iii. Los permisos, autorizaciones o licencias concedidas al prestador y/u operador para la instalación de la red o activo.
   iv. El momento en el cual fueron instaladas las redes o activos objeto de protección, traslado o reubicación.
   v. El análisis y cuantificación de los costos asociados estimados a la protección, traslado o reubicación de la red o activo.
   vi. Los acuerdos de confidencialidad que haya lugar a suscribir entre el solicitante, el prestador u operador del servicio, de conformidad con la información entregada en cada caso.

4. Con dicha información, la Entidad pública responsable del proyecto de infraestructura de transporte o quien haga sus veces podrá suscribir acuerdos con el prestador u operador en los que se defina diseño, costo, construcción y demás condiciones para realizar la protección, el traslado o reubicación de redes y activos a cargo del operador. Para el efecto, el prestador u operador será el responsable de suministrar el diseño de la red o activo a trasladar, proteger o reubicar en un término perentorio de dos (2) meses, cuando estos sean necesarios.

De no llegarse a un acuerdo, sobre los costos y tiempo de ejecución, en un término de cuarenta y cinco (45) días calendario contados a partir de la entrega de los diseños, la Entidad pública responsable del proyecto de infraestructura de transporte o quien haga sus veces, podrá realizar la protección, el traslado o reubicación de las redes y/o activos bajo su propia cuenta, de conformidad con la normatividad técnica vigente, y deberá garantizar que el activo a proteger, trasladar o reubicar cumpla con las mismas condiciones técnicas que el activo o red original, de conformidad con la información suministrada por el operador o prestador. De no ser posible, con las condiciones técnicas equivalentes que prevea la normatividad técnica sectorial vigente, el reglamento técnico del prestador y/o las reglamentaciones internacionales se aplicará según corresponda para cada sector, garantizando la prestación del servicio.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El componente de Redes Secas (Energía y Telecomunicaciones) para el desarrollo de estudios y diseños viales Fase II a cargo del INVÍAS, deberá presentar conclusiones y recomendaciones que permitan:

- Identificar las redes existentes y proyectadas en el sector donde desarrollará el proyecto.
- Realizar una evaluación del estado de las redes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural.

- Identificar las interferencias del proyecto con las redes secas existentes y proyectadas en el área de influencia del proyecto.
- Realizar un estudio detallado preliminar técnico y presupuestal para determinar la viabilidad del proyecto.
- Cumplir con los requerimientos del capítulo III de la ley de infraestructura del 2013.
- Presentar alternativas de solución a las interferencias de redes de Energía, Telecomunicaciones, Gas Natural y seleccionar la mejor.
- Cada proyecto tiene sus particularidades, dependiendo de su magnitud con respecto al proyecto en general se deberá gestionar los correspondientes convenios con los operadores de red de cada servicio público.
- Presentar las definiciones y recomendaciones de diseño para los estudios fase III.

ANEXOS

El capítulo de redes secas deberá presentar los anexos de información secundaria, topográfica, geotécnica de redes y demás información que sean base o complementen a los diseñ

2.14. VOLUMEN XIV. ESTUDIO REDES HIDROSANITARIAS

El informe final del Estudio de Redes Hidrosanitarias deberá contener como mínimo los siguientes capítulos:

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES
CAPÍTULO 2. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS
CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN Y/O TOMA DE INFORMACIÓN (SECUNDARIA)
CAPÍTULO 4. ESTRUCTURACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS TÉCNICOS
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
ANEXOS

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES

El objeto de este documento es generar los lineamientos básicos del componente de redes Hidrosanitarias (Acueducto y Alcantarillado) para el desarrollo de estudios y diseños viales Fase II a cargo del INVÍAS.

En su alcance se encuentra la definición de una metodología básica a seguir, recopilación de información secundaría, requerimientos técnicos y conclusiones y recomendaciones.

En cuanto a los estudios a desarrollar, el objeto y alcance está dirigido al Consultor encargado, quien deberá realizar las investigaciones de campo de las redes de Acueducto y Alcantarillado requeridas para el proyecto vial a desarrollar, donde como primera fase deberá realizar la consecución, análisis de información secundaria y primaria de las redes de Acueducto y

Alcantarillado, teniendo en cuenta los estudios y diseños previamente realizados dentro del área de influencia del proyecto, realizando consultas con las empresa de Acueducto y Alcantarillado local y la alcaldía correspondiente de los diseños adelantados y récord de obra.

Determinación de la relocalización o protección de éstas por afectación debida al proyecto vial, donde partirá de la investigación de las redes de acueducto y alcantarillado existentes, la cual deberá contener toda la información necesaria para caracterizar de la infraestructura de servicios de Acueducto y Alcantarillado del sector.

Realizar la definición de posibles alternativas de solución a las interferencias que presente el proyecto vial con la infraestructura de redes de Acueducto y Alcantarillado existente o proyectado en el sector, donde realizará un análisis técnico y económico de las mismas, presentándolas a la interventoría, empresa de servicios públicos local y al contratante, con el fin de definir de determinar la alternativa más favorable.

Realizar el análisis y revisión de la reglamentación o normativa de la empresa de Acueducto y Alcantarillado local, determinando la competencia para la realización de diseños de traslado de redes de Acueducto y Alcantarillado requeridas para el proyecto, así como determinar las gestiones y trámites que deben ser desarrolladas en las siguientes etapas del proyecto.

Finalmente deberá en sus estudios presentar las recomendaciones para los diseños fase III a desarrollarse posteriormente.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

Como metodología básica para desarrollar el alcance de este estudio se tienen las siguientes actividades mínimas a desarrollar:

- Mediante contacto con las empresas prestadoras o distribuidoras de los servicios de Acueducto y Alcantarillado, obtener información de los proyectos de modificación o ampliación de las redes de del sector donde se desarrollará, el proyecto, con el fin de conocer y acoger dentro del proyecto dichas obras proyectadas – obtención de información secundaria-.
- Obtención de la información del catastro de las redes existentes para las redes existentes de Acueducto y Alcantarillado.
- Levantamiento topográfico de redes de Acueducto y Alcantarillado.
- Elaboración de plano de redes existentes de Acueducto y Alcantarillado.
- Definición de las afectaciones de las redes existentes por el proyecto.
- Definición de las interferencias del proyecto sobre las redes existentes.
- Definición de posibles alternativas de solución a las interferencias de redes, realizando la evaluación técnicas y económicas, determinando cuál de éstas es la más factible.
- Investigar la reglamentación y normativa de la empresa de Acueducto y Alcantarillado local, definiendo la competencia para la realización de diseño de redes, traslado de redes, así como definir las gestiones y trámites a desarrollas en las siguientes fases del proyecto.

- Conclusiones y recomendaciones para tener en cuenta en la elaboración de estudios Fase III.

2.1. SOFTWARE Y PROGRAMAS DE COMPUTADOR

Deberá implementarse la metodología BIM, *Building Information Modeling,* que es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, la cual permite detectar y subsanar en tiempo real posibles inconsistencias, interferencias, y conflictos entre especialidades. El Consultor deberá implementar BIM, realizando la modelación en un software BIM definido por el mismo en el Plan de Ejecución BIM (BEP), y gestionar dicha información en un Entorno Común de Datos (CDE) que facilite la comunicación entre las partes durante el desarrollo del proyecto y donde puedan consignarse documentos como las actas de reunión, actas técnicas, y demás documentos requeridos para la correcta ejecución del contrato.

2.2. DIBUJO DE PLANOS.

Deberá implementarse la metodología BIM, *Building Information Modeling,* que es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, la cual permite detectar y subsanar en tiempo real posibles inconsistencias, interferencias, y conflictos entre especialidades. El Consultor deberá implementar BIM, realizando la modelación en un software BIM definido por el mismo en el Plan de Ejecución BIM (BEP), entregando los modelos tanto en formato nativo como interoperable IFC, además de entregar los planos en formatos DWG y PDF. Los planos en sus formatos deberán tener una expresión y escala adecuada de tal manera que todo el contenido de los planos sea claro y legible, además de estar completos y acordes a lo establecido en la NTC 1580 DIBUJO TECNICO ESCALAS.

CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN Y/OTOMA DE INFORMACIÓN (SECUNDARIA)

El Consultor deberá realizar la búsqueda de información secundaria en las empresas de Acueducto y Alcantarillado donde el proyecto se desarrollará, consecución de planos de redes de Acueducto y Alcantarillado existentes, planos récord de obra ejecutada y planos de proyecto. También se debe consultar en la Secretaría de Planeación local los planes maestros de redes de Acueducto y Alcantarillado.

Esta información secundaria deberá ser la referencia inicial para validar las redes de Acueducto y Alcantarillado existentes y proyectadas en el área de intervención del proyecto la cual deberá ser confrontada con información primaria tomada de campo, para la elaboración de planos de redes existentes de Acueducto y Alcantarillado.

CAPÍTULO 4. ESTRUCTURACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS TÉCNICOS

Los requerimientos técnicos en cuanto a redes de Acueducto y Alcantarillado parten de la normatividad vigente: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico

RAS, Resolución 0330 de 2017, normas de empresas prestadoras o distribuidoras de los servicios de Acueducto y Alcantarillado.

Para el desarrollo de estudios y diseños viales Fase II a cargo del INVÍAS, el Consultor deberá realizar sus estudios de acuerdo con los requerimientos técnicos que se presentan a continuación:

4.1 INVESTIGACIÓN DE REDES Y DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

Dentro de las labores de campo se deberá realizar la investigación y el levantamiento de redes de Acueducto y Alcantarillado, con el fin de realizar la caracterización de redes existentes, verificando en terreno con su geo referenciación correspondientes todos y cada uno de los elementos de la infraestructura de Acueducto y Alcantarillado, generando su pertinente ficha de inspección, la cual deberá ser anexada como soporte de esta actividad.

El Consultor deberá confrontar la información secundaria con la información primaria o levantamiento topográfico de redes, en caso de encontrar tapas de pozos ocultos o se requiera localizar puntualmente una tubería de acueducto, se deberán realizar apiques para su localización e investigación.

Se deberá identificar las redes que requieran de inspección con CCTV, definiendo los criterios técnicos que tuvo en cuenta, donde la realización de dichas inspecciones deberá ser revisada y avalada por la Interventoría. Lo anterior deberá ser socializado ante la empresa de acueducto y alcantarillado local o Entidad responsable de la operación y mantenimiento de las redes de acueducto y alcantarillado, quien deberá definir las acciones o actividades a que haya lugar.

El Consultor deberá realizar el procesamiento de la información, elaborando la incorporación de ésta en un plano en formato CAD, donde deberá incluir para las redes de alcantarillado diámetro, material, longitud, pendiente, cotas rasantes y cotas clave en cada uno de los tramos de las redes, identificando completamente el trazado en planta y sentido de flujo, para las redes de Acueducto, diámetro, longitud, material, localización de válvulas, hidrantes, ventosas y demás accesorios localizados topográficamente, adicionalmente los planos deberán presentar todas las notas aclaratorias para su correcta interpretación, elaborará el informe de investigación y diagnóstico de redes, indicando el estado de estas e identificando las interferencias respecto al proyecto, determinando aquellas redes que deben ser relocalizadas o protegidas. Para las redes de que se tienen proyectadas en el sector del área ejecución del proyecto, según lo consultado de proyectos futuros o planes maestros de redes, se deberá confirmar con la empresa de acueducto y alcantarillado local o Entidad responsable de la operación y mantenimiento de las redes de acueducto y alcantarillado si se debe incorporar estos proyectos con los estudios que adelante el INVÍAS.

4.2 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS EN LOS CORREDORES DONDE SE IDENTIFIQUEN REDES EXISTENTES O PROYECTADAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

Partiendo de la identificación de interferencias, se deberán plantear las alternativas de solución y las implicaciones para la ejecución de estas obras con la ruta INVÍAS seleccionada. Se deberá realizar la evaluación técnica y económica de las alternativas planteadas, donde con el acompañamiento de la Interventoría y de la Empresa prestadora de servicios públicos, el Consultor definirá cuál es la que se implementará de acuerdo con los resultados de la evaluación de las alternativas.

El planteamiento de alternativas deberá tener en cuenta la economía del proyecto, funcionalidad de las redes y el cumplimiento de la normatividad nacional y local.

Como entregables el Consultor deberá presentar un diseño conceptual, acompañado de planos, a partir de los cuales pueda ser cuantificables las obras a desarrollar en cada una de las alternativas.

En la evaluación de las alternativas deberá realizar un análisis multicriterio, donde deberá recomendar la alternativa más conveniente a implementar.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El componente de redes Hidrosanitarias (Acueducto y Alcantarillado) para el desarrollo de estudios y diseños viales Fase II a cargo del INVÍAS, deberá presentar conclusiones y recomendaciones que permitan:

- Identificar las redes existentes y proyectadas en el sector donde desarrollará el proyecto.
- Realizar una evaluación del estado de las redes de acueducto y alcantarillado.
- Identificar las interferencias del proyecto con las redes hidrosanitarias existentes y proyectadas en el área de influencia del proyecto.
- Presentar alternativas de solución a las interferencias de redes de Acueducto y Alcantarillado y seleccionar la mejor.
- Determinar la competencia para la realización de los diseños de acuerdo con la políticas, reglamentación o normatividad de la empresa de Acueducto y Alcantarillado local.
- Presentar las definiciones y recomendaciones de diseño para los estudios fase III.

ANEXOS

El capítulo de redes hidrosanitarias deberá presentar los anexos de información secundaria, topográfica, geotécnica de redes y demás información que sean base o complementen los diseños presentados.

2.15. VOLUMEN XV. ESTUDIO DE ANÁLISIS Y GESTIÓN DE RIESGOS

El informe final del Estudio de Análisis y Gestión de Riesgos deberá contener como mínimo los siguientes capítulos:

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA
CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN Y/O TOMA DE INFORMACIÓN
CAPÍTULO 4. ESTABLECER EL CONTEXTO
CAPÍTULO 5. IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS RIESGOS
CAPITULO 6. EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LOS RIESGOS
CAPÍTULO 7. TRATAMIENTO DE LOS RIESGOS
CAPÍTULO 8. CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ DE RIESGOS
CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
ANEXOS

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES

1.1 OBJETIVO

El INVÍAS busca construir infraestructura vial resiliente frente a las dinámicas que puedan afectar el sistema de transporte, garantizando así la movilidad y nivel de servicio prestado, mediante la previsualización de los futuros escenarios de riesgo producto de un análisis juicioso y sistemático de las amenazas y vulnerabilidad con enfoque de sostenibilidad, lo que significa que las medidas planteadas por el Consultor deben ser económicamente eficientes y perdurables, y que a su vez generen el menor impacto ambiental y sociocultural posible.

Para adelantar el análisis requerido es necesario, por lo menos y conforme la normatividad vigente, identificar, priorizar, evaluar y analizar las amenazas mencionadas por efecto del cambio climático, movimientos en masa, inundaciones, avenidas torrenciales, fenómenos hidroclimatológicos, sísmica, deslizamientos, sequias, incendios forestales, ascenso en el nivel del mar, erosión costera y volcanes, dentro de los cuales se encuentran implícitos los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural y tecnológico, biosanitario o humano no intencional, que pueden llegar a afectar los elementos que conforman el sistema, a saber son: la infraestructura vial, usuarios (vehículos y personas) y operadores o dicho de otra forma los actores viales (Stakeholders), para a la vez evaluar la condición de vulnerabilidad de los mismos frente a las dinámicas identificadas, el Consultor debe realizar el plan de gestión del riesgo, en cual deberá plantear las acciones para los procesos de conocimiento, reducción y manejo del riesgo, conforme lo establece el Decreto 2157 de 20 diciembre de 2017, involucra proponer medidas no estructurales y estructurales, prospectivas y correctivas, implementación de elementos de seguridad vial, elaboración de planes de respuesta a emergencias y desastres, monitoreo y seguimiento, lo que debe realizarse al nivel de detalle y escala que exige esta fase del proyecto, proponiendo nuevas tecnologías relacionadas con materiales, estabilización de

taludes, geotecnia, que permitan una mayor adaptabilidad de la infraestructura de trasporte al cambio climático, enfatizando en el análisis de los periodos de retorno.

El Consultor debe identificar, caracterizar, analizar y categorizar los riesgos previsibles que impactaran durante la ejecución del proyecto por la implementación de la alternativa seleccionada, para continuar integrando elementos en la matriz de riesgos previsibles del proyecto, estableciendo una línea base del proyecto y proponiendo el plan de tratamiento a ser implementado. Dicho análisis debe ser realizado por el Consultor, con enfoque de sostenibilidad, lo cual busca evitar que los efectos por el cambio climático generen afectaciones sobre las estructuras de mitigación o sobre la red vial y que a la vez éstas estén en capacidad de respuesta para recibir aquellos eventos extremos que no ha sido posible prever, de esta manera se reduce la vulnerabilidad de los elementos expuestos, se garantiza la funcionalidad de la infraestructura y la seguridad de la misma a su vez se reducen los costos de intervención de mantenimiento por eventos de amenaza natural.

La matriz de riesgos se construirá con el nivel de precisión que lo permitan los demás estudios especializados realizados en esta fase e información disponible del proyecto.

1.2 ALCANCE

El Consultor acogerá los lineamientos metodológicos y directrices establecidas en la normatividad vigente, como son la Ley 1523 de abril 24 de 2012, "…*por la cual se adopta la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones*", como su decreto reglamentario, Decreto N°2157 del 20 de diciembre de 2017 "…*por medio del cual se dictan directrices generales para la elaboración del Plan de Gestión del Riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la Ley 1523 de 2012*", buscando en todo momento la articulación con las entidades de orden local, regional y nacional para la gestión del riesgo. Así mismo, debe incorporar en los análisis requeridos la información secundaria existente a nivel territorial y local, como son los POT´s, POMCAS, Planes departamentales y municipales de Gestión del Riesgo y demás instrumentos de planificación con que cuenta el área de influencia del proyecto, de tal manera que pueda tener un real conocimiento del territorio y superponer el alineamiento en estudio sobre las diferentes temáticas e identificar los conflictos por afectación de áreas sensibles, de vulnerabilidad y de amenaza, lo cual permitirá realizar los ajustes y acciones de gestión del riesgo y resiliencia.

De acuerdo con lo ya indicado, los estudios de análisis y gestión de riesgos comprenden: identificar, caracterizar, analizar, evaluar y categorizar los riesgos previsibles que afectan la ejecución del proyecto sobre la alternativa seleccionada, los alcances de dichas actividades para esta fase deben recoger los aspectos desarrollados en fase I y enfatizar en el análisis del riesgo, cuyo desarrollo se describe a continuación:

ANÁLISIS DEL RIESGO: Determinación de consecuencias y probabilidades del riesgo, posibilitando su reconocimiento y comprensión y el detalle de las amenazas, los elementos expuestos acorde a la alternativa seleccionada para el proyecto y el nivel de riesgo para la infraestructura. El análisis del riesgo es un examen detallado para conocer sus características,

cualidades o su estado, indagando sobre magnitud y gravedad en el área de influencia de probable afectación.

a. Debe incluir la 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.
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 actividad de naturaleza, magnitud y complejidad. Deberá considerar la ocurrencia de eventos extremos.

Los alcances contemplados en esta fase deben acoger las siguientes actividades, las cuales serán la base de los productos que el Consultor elaborará en el volumen de Riesgo.

- Identificar, evaluar y analizar los riesgos y amenazas que puedan desencadenar eventos que afecten en la etapa de ejecución del proyecto, el corredor de estudio, y documentar sus características más representativas.

El Consultor debe identificar, priorizar, formular, programar y hacer seguimiento a las acciones necesarias para conocer y reducir las condiciones de riesgo (actual y futuro), particularmente en esta fase consiste en el conocimiento del riesgo, escenarios de riesgo y análisis de amenazas en función del daño esperado, a nivel técnico debe dar los lineamientos para estructurar el Plan de Gestión del Riesgo, desarrollando los procesos de la gestión del riesgo establecidos por la Ley 1523 de 2012 bajo los siguientes lineamientos, en articulación con lo pertinente a lo referido en los sistemas de gestión que maneja el INVÍAS: Conocimiento del Riesgo, Reducción del Riesgo y Manejo del Riesgo.

El Plan de Gestión del Riesgo, la matriz de Riesgo, los análisis de amenazas en función del daño, los lineamientos de las medidas de reducción del riesgo y plan de respuesta de emergencias, son los productos o entregables de este componente a nivel de Fase II, se adelantarán coordinando con la totalidad de las áreas temáticas del proyecto que incluyen: tránsito y transporte, diseño geométrico, geología, geotecnia, pavimentos, hidrología, hidráulica, estructuras, urbanismo y paisajismo, ambiental y social, gestión predial, sostenibilidad y de la evaluación económica del proyecto junto con su presupuesto. Igualmente, el desarrollo de los estudios y diseños se regirán por Manuales, Normas y Especificaciones vigentes al momento del desarrollo del contrato.

- Realizar un análisis para estimar la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo, identificando el impacto que tendría en la infraestructura del proyecto.

El Consultor basándose en los estudios técnicos, el análisis de necesidades, información primaria y secundaria, validará los efectos de los riesgos identificados y categorizados que permitan proponer el Plan de Respuesta, en el cual se establezcan alternativas y acciones puntuales para potencializar las oportunidades identificadas y proponer su tratamiento para mitigar y reducir las amenazas que afecten los objetivos del proyecto.

- Elaborar y cuantificar una estrategia de administración del riesgo previsible, incluyendo criterios y medidas de mitigación, usando como referencia la opinión de expertos, estudios de riesgos de proyectos similares o del área en la cual se localiza el proyecto.

Las acciones de mitigación que impliquen obras de infraestructura deben ser incorporadas como parte integral de los diseños a nivel de esta fase, a escalas que permitan estructurar las acciones de mitigación y reducción a nivel de diseño, esto de acuerdo con los insumos de las demás especialidades por lo que se recomienda su presentación a escala 1:2000 a 1:1000, puntos críticos 1:500 a 1:100, de tal manera que se logren unos diseños óptimos y claros, que le permita al INVÍAS continuar su ejecución o paso a la siguiente fase minimizando los contratiempos técnicos y en general, llevando la incertidumbre a niveles bajos.

Es importante señalar que los planes de respuesta a los riesgos deben identificar responsabilidades específicas que deben ser asumidas o gestionadas tanto por la Entidad, como por el contratista.

El Consultor deberá elaborar y cuantificar estrategias de gestión de riesgos, recurriendo a fuentes secundarias o primarias dependiendo del grado de información recolectado por las demás especialidades en esta fase, así mismo, deberá definir claramente para cada uno de los riesgos identificados, su tipificación, la temporalidad y frecuencia de ocurrencia de estos.

El Consultor deberá proponer un sistema de control y monitoreo que permita realizar en las siguientes fases una supervisión constante a los riesgos, identificar nuevos riesgos e incluirlos en la matriz de probabilidades e impacto para posteriormente realizar el análisis cualitativo y cuantitativo, el análisis de temporalidad, ejecutar planes de respuesta a los riesgos y evaluar su efectividad durante las etapas de construcción y de operación.

- Elaborar la matriz de riesgos previsibles del proyecto, con su respectivo análisis y administración de riesgos, teniendo en cuenta que los riesgos previsibles identificados sean diferentes a los cubiertos por las garantías obligatorias.

Los análisis propuestos y los productos requeridos deben realizarse a partir del concepto de corredor geotécnico, de manera que se pueda localizar el origen de las amenazas y a través de ello un adecuado planteamiento de las acciones de reducción, así mismo de Planes de Gestión del riesgo acorde al conocimiento del riesgo en el territorio, la generación de planes de emergencia y contingencia acordes al mismo conocimiento, a las acciones de reducción ejecutadas y al resultado de los monitoreos implementados.

De igual forma el Consultor deberá cuantificar las probabilidades e impacto propuestas en el análisis consignado en la matriz de riesgos, priorizando los diferentes eventos o condiciones de riesgo según la importancia de atención, clasificándolos en riesgos operacionales, tecnológicos, regulatorios, sociales o políticos, financieros y económicos, y de la naturaleza, siguiendo la clasificación establecida por el CONPES 3714 o el que lo sustituya, e identificando responsables y acciones de mitigación.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

El Consultor deberá definir la Metodología para el desarrollo del Estudio, documento que se deberá entregar a la Interventoría para su aprobación; y en el cual, se detallará la información secundaria y primaria con que se realizará el estudio, y los trabajos de campo.

Su estructuración a nivel técnico debe realizarse a partir del planteamiento del problema considerando la ubicación estratégica del proyecto vial y la importancia para el transporte de personas, mercancía, turismo y el aporte al desarrollo de la región, sumado a la obligación del INVÍAS de brindar infraestructura resiliente que satisfaga la normatividad vigente, para lo cual, debe contemplar el uso de herramientas como modelación de escenarios o planeación por escenarios.

Es importante tener en cuenta que las metodologías para estudios y diseños de proyectos viales imponen la necesidad de efectuar retroalimentaciones permanentes entre los distintos campos y especialidades de la ingeniería y de otras disciplinas, que intervienen en el diseño integral de un proyecto. Solo esta intercomunicación oportuna durante el período de análisis permite la juiciosa validación y consistencia de los parámetros que se adoptan en el diseño y del conjunto de variables que se derivan.

El Consultor debe contemplar la aplicación de metodologías basadas en el ciclo PHVA y las desarrolladas por las entidades especializadas y entes gubernamentales, para lo cual debe consultar las referencias disponibles con que cuentan dichas instituciones. Como herramienta metodológica para desarrollar los análisis requeridos, en el Anexo 1, se recogen los lineamientos generales de la Gestión del Riesgo adelantados por la entidad[1].

De igual forma, los estudios de riesgo se pueden realizar tomando como base las orientaciones de la “Metodología para evaluar los riesgos” en: Caja de herramientas para orientar la incorporación del análisis de riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático en los proyectos de inversión pública (DNP, MinAmbiente, MinHacienda, UNGRD y GIZ 2019). Independientemente de la metodología que se utilice para los estudios de riesgos, éstos deben contener como mínimo los resultados de evaluación de las amenazas, la vulnerabilidad de cada

[1] Servicio Geológico colombiano – Instituto Nacional de Vías (2018). Guía metodológica para la evaluación del riesgo físico por movimientos en masa en la infraestructura vial - Convenio Interadministrativo 003/2018. Bogotá: Servicio Geológico colombiano.

elemento expuesto frente a cada amenaza, el nivel de riesgo respectivo y las medidas recomendadas frente a estos resultados.

2.1 SOFTWARE Y PROGRAMAS DE COMPUTADOR

Deberá implementarse la metodología BIM, *Building Information Modeling,* que es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, la cual permite detectar y subsanar en tiempo real posibles inconsistencias, interferencias, y conflictos entre especialidades. El Consultor deberá implementar BIM, realizando la modelación en un software BIM definido por el mismo en el Plan de Ejecución BIM (BEP), y gestionar dicha información en un Entorno Común de Datos (CDE) que facilite la comunicación entre las partes durante el desarrollo del proyecto y donde puedan consignarse documentos como las actas de reunión, actas técnicas, y demás documentos requeridos para la correcta ejecución del contrato.

CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN Y/O TOMA DE INFORMACIÓN

Como parte del proceso de recopilación y toma de información secundaría el Consultor debe contemplar la revisión de los documentos técnicos que le permitan identificar y prever riesgos operativos o de otro tipo por la complejidad de las obras, en tal sentido, debe revisar la información existente sobre las características y complejidades de los procesos constructivos o construcción de infraestructura especialmente compleja, como túneles, viaductos, muros, etc.

De igual forma, el Consultor debe utilizar y aplicar información temática generada por las entidades especializadas como UNGRD, IGAC, IDEAM, Servicio Geológico Colombiano, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, etc., a nivel local los POT, PBOT, EOT, POMCAS, Planes Municipales y Departamentales de Gestión del Riesgo y estudios de planificación específicos que sean instrumento de planeación o desarrollo a nivel local y regional.

Se debe adelantar la estimación económica de los riesgos previsibles entre otros los relacionados con los aspectos económicos, operacionales, sociales, políticos, de la naturaleza, financieros, regulatorios o ambientales u otro que se pueda identificar; para lo cual, el Consultor como parte del proceso de recopilación y toma de información secundaría podrá utilizar las siguientes referencias bibliográficas en materia de riesgos ampliamente utilizadas en el medio como son:

- 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.
- La 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.

- IDEAM, GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE INUNDACIÓN. Bogotá, D.C., 2017.
- Instituto Nacional de Vías. (2018). Plan de Gestión del Riesgo de Desastres Decreto 2157 de 2017. Bogotá, Colombia.
- Política de Administración del Riesgo, Instituto Nacional de Vías, Revisión y Propuesta de actualización marzo 2018.
- Servicio Geológico colombiano – Instituto Nacional de Vías (2018). Guía metodológica para la evaluación del riesgo físico por movimientos en masa en la infraestructura vial - Convenio Interadministrativo 003/2018. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.
- Instituto de Hidrología, Meteorología Estudios Ambientales - IDEAM, Guía metodológica para la gestión del riesgo. Bogotá, 2019.
- Plan Nacional de Seguridad Vial Colombia 2011 – 2021.
- Metodología para evaluar los Riesgos. Incorporando la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático en proyectos de inversión pública. Caja de herramientas. Departamento Nacional de Planeación, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.
- Plan Indicativo para el Fortalecimiento Institucional de la Gestión de Riesgos de Desastres en el Sector Infraestructura Vial, Hoja de Ruta, Fortalecimiento Institucional. CAF Banco de Desarrollo de América Latina, Mintransporte. 2013.
- Las demás que el Consultor justifique y considere apropiadas, previa aprobación de la interventoría.

Para el efecto, el Consultor podrá valerse de una metodología de análisis cualitativos y cuantitativos de riesgos que le permitan priorizar, evaluar y valorar la probabilidad de ocurrencia del evento y su impacto respecto de los efectos de los riesgos identificados que permitan el logro de los objetivos del proyecto. Por lo anterior, se hace necesario valorar a precios de mercado las intervenciones establecidas de manera consecuente con el análisis de riesgos, en otras palabras, esto significa revisar la consistencia del diseño y su respectivo presupuesto con las actividades que se planteen derivadas de la administración de riesgo, tanto en las medidas adoptadas para prevenirlos o mitigarlos como por los planes de contingencia o tratamiento formulados, según las circunstancias lo ameriten.

CAPÍTULO 4. ESTABLECER EL CONTEXTO

El Consultor deberá identificar y profundizar en el contexto bajo el cual interactúa el proyecto, que incluya entre otros, los aspectos que se mencionan a continuación, y los posibles riesgos y 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.
- 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.
- Incorporación de nuevas tecnologías (Referencia Plan De Desarrollo Art. 173 Innovación E Implementación De Nuevas Tecnologías En Proyectos De Infraestructura Del Transporte).
- Metodología de construcción de escenarios de riesgo. Leone, 1996.

CAPÍTULO 5. IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

Una vez establecido el contexto, el Consultor debe identificar e incluir en la matriz de evaluación, los riesgos contractuales, socio naturales, operacionales, como los asociados al cambio climático y su incidencia sobre el área de influencia del proyecto. Para lo anterior, el Consultor deberá contar con el equipo especializado en riesgos, con el conocimiento adecuado sobre gestión y 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: la clase, fuente, etapa del proyecto, y tipo de riesgo, para posteriormente y de acuerdo con el criterio de experto o del equipo especializado en riesgos, priorizar y definir los que requieren mayor análisis y evaluación.

La infraestructura vial constituye la unidad de análisis. Ello quiere decir que se analizará a nivel de cada elemento vial (lineal o puntual) el efecto que las posibles amenazas tengan sobre él y sus servicios, para lo cual se tendrá en cuenta el nivel de vulnerabilidad y resiliencia que presente cada uno de ellos. En todos los casos, las estrategias que se formulen, así como los lineamientos técnicos para la gestión del riesgo deben gestionar adecuadamente la resiliencia.

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

CAPÍTULO 6. EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

El Consultor deberá evaluar cada uno de los riesgos identificados y priorizados, estableciendo su probabilidad de ocurrencia y el impacto de estos frente al logro de los objetivos del proyecto. Esta evaluación tiene como fin asignar a cada riesgo una calificación en términos de probabilidad y de impacto, la cual permitirá establecer la valoración de los riesgos identificados y proponer las acciones que se deban efectuar para administrar el riesgo.

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:

1. 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.
2. Determinar el impacto del riesgo, desde el punto de vista de la calificación cualitativa del efecto del riesgo y la calificación monetaria del riesgo, la cual corresponde a la estimación de los sobrecostos ocasionados por la ocurrencia del riesgo como un porcentaje del valor total del proyecto, escogiendo o consignando en la matriz la mayor resultante para así determinar el impacto del riesgo.

En cuanto al análisis de riesgo, debe realizarse bajo el enfoque de sostenibilidad, este análisis busca identificar y clasificar los diferentes tipos de amenaza y riesgo a que se encuentran expuestos el trazado vial y sus respectivas estructuras de paso, para esto el Consultor debe:

- Identificar el tipo de evento generador de daño reconociendo y diferenciando los detonantes causantes y/o amplificadores de la dinámica o presión amenazante y así identificar el tipo de evento generador de daño y su clasificación.
- Determinar las características físicas del evento generador de daño. Establecer las condiciones físicas bajo las cuales ocurre el evento generador de daño configura la hipótesis de partida en los análisis de Riesgo, la cual, en lo posible, debe acercarse al modelo real.
- Una vez identificados y clasificados, las medidas para la reducción del riesgo y/o vulnerabilidad deberán ser diseñadas con el enfoque de resiliencia ya que este es uno de los criterios determinado para el análisis de sostenibilidad. Se le llamará infraestructura resiliente a aquella que tenga la capacidad de ser flexible para asumir los retro impactos o las amenazas naturales.

La construcción de un escenario de riesgo resulta ser indispensable, en la medida que este, puede llegar a argumentar o explicar los alcances de un fenómeno amenazante y las consecuencias nocivas para una comunidad, ilustrando, calificando y cuantificando en lo

posible. Una vez establecido un escenario con las anteriores características, puede ser usado de manera objetiva en la gestión de riesgos o en el manejo del mismo.

Los escenarios de riesgo en lo posible deben representar la realidad abordada, es decir que las hipótesis de trabajo tengan en cuenta aspectos como: las condiciones de presencia de uno u otro evento amenazante; los diferentes tipos de solicitaciones que el fenómeno puede causar; las características de los elementos expuestos al fenómeno; los daños y perjuicios potenciales que pueden sufrir estos elementos expuestos; las perturbaciones que pueden afectar a las diferentes actividades sociales y económicas; una evaluación de la pérdidas potenciales de vidas humanas, de tipo económico o de otra índole.

Una vez estructurado el escenario, este puede ser actualizado cada vez que se registren nuevos datos o se mejore la hipótesis inicialmente planteada al inicio del desarrollo de este numeral en función de la problemática. Lo anterior se constituye en una ventaja o valor agregado para las investigaciones siguientes y las actividades de prevención y atención de emergencias que se adelanten, debido al ahorro en tiempo y dinero que representa la adquisición sistemática del conocimiento específico.

CAPÍTULO 7. TRATAMIENTO DE LOS RIESGOS

El Consultor debe proponer el tratamiento de riesgos con acciones o actividades específicas para responder a los eventos, para lo cual debe preparar un Plan de Tratamiento para ser implementado, plan que debe estar debidamente documentado, incluyendo acciones, cronogramas, recursos (personal, información) y presupuesto, responsabilidades, necesidades de informes y reportes y de monitoreo, recursos que requiere y el cumplimiento oportuno de las tareas previstas en este plan, e incluir en la matriz la información básica del tratamiento propuesto.

Igualmente, debe realizar la definición del tipo de intervención para la reducción del riesgo de desastres, tanto de medidas no estructurales como estructurales. Planteamiento de las directrices para el diseño y las especificaciones técnicas de las medidas a implementar para modificar las amenazas identificadas, analizadas y evaluadas en el proceso de conocimiento del riesgo, al igual que el mejoramiento del sistema de movilidad para mejorar su resiliencia.

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.

CAPÍTULO 8. CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ DE RIESGOS

El producto de este análisis será la construcción y presentación de la matriz de riesgos del proyecto a nivel de esta fase de estudio. La cual, tendrá como mínimo los componentes descritos en las Tabla 1.

Es importante aclarar que en todo proyecto de ingeniería de consulta existen riesgos que se deben prever o anticipar por las entidades públicas como parte de los aspectos a considerar en

el proceso de contratación. En tal sentido, el artículo 4 de la Ley 1150 de 2007 establece que la Entidad Estatal debe "*incluir la estimación, tipificación y asignación de los riesgos previsibles involucrados en la contratación*" en los pliegos de condiciones o su equivalente.

Colombia Compra Eficiente desarrolló y puso a disposición de los Consultores el Manual para la identificación y cobertura del riesgo en los Procesos de Contratación. (Ver Anexo 2). Hace parte de este Manual la "Matriz para la Identificación de Riesgos en Contratos de Consultoría", en donde deben ser identificados, clasificándolos en riesgos operacionales, tecnológicos, regulatorios, sociales o políticos, financieros y económicos, y de la naturaleza, siguiendo la clasificación establecida por el CONPES 3714, e identificando responsables y acciones de mitigación. Esta matriz permite, tanto al INVÍAS como al Consultor, valorar y prever situaciones de riesgo, y minimizar sus efectos sobre el desarrollo del proyecto de Consultoría.

No se debe confundir la matriz presentada en la Tabla 1, con la Matriz de Riesgos específica del proyecto que los Consultores de estudios y diseños deberán presentar como se indica, de acuerdo con la metodología definida para desarrollar el volumen de Análisis y Gestión del Riesgo, así como, con el requerimiento técnico especifico y los contenidos allí establecidos.

El Consultor debe acoger la recomendación de Colombia Compra Eficiente a las Entidades Estatales de elaborar la matriz indicada en la Tabla 1, que incluya todos los Riesgos identificados del Proceso de Contratación, estableciendo su clasificación, la probabilidad de ocurrencia estimada, su impacto, la parte que debe asumir el Riesgo, los tratamientos que se puedan realizar y las características del monitoreo más adecuado para administrarlo, como se muestra a continuación:

Tabla 8. *Matriz de Riesgo de CCE*

N°	Clase	Fuente	Etapa	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	
													Probabilidad	Impacto	Valoración del riesgo	Categoría					¿Cómo se realiza el monitoreo?	Periodicidad ¿Cuándo?
1																						
2																						
3																						

CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio deberá suministrar resultados y recomendaciones que permitan:

- Los estudios de riesgo en esta fase, deben tener en cuenta que según reciente informe de la Oficina de las Naciones Unidas 2021, el 46% de las pérdidas globales por desastres se originaron en la Región de las Américas y del Caribe y ello está relacionado con causas inherentes (geología, geomorfología, hidrología entre otros aspectos físicos del territorio), contribuyentes (acciones antrópicas de los habitantes en la zona y de los procesos constructivos de la infraestructura vial) y detonantes (relacionados con sismo y precipitaciones). De igual manera, el mismo informe señala que 53% de las pérdidas de origen climático se generaron en la misma región, por lo que tener en cuenta los costos de la gestión del riesgo es imperativo en un análisis de costos /beneficio y muy especialmente en proyectos de infraestructura vial (lineal).

- Los estudios de riesgo se pueden realizar tomando como base las orientaciones de la "Metodología para evaluar los riesgos" en: Caja de herramientas para orientar la incorporación del análisis de riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático en los proyectos de inversión pública (DNP, MinAmbiente, MinHacienda, UNGRD y GIZ 2019). Independientemente de la metodología que se utilice para los estudios de riesgos, éstos deben contener como mínimo los resultados de evaluación de las amenazas, la vulnerabilidad de cada elemento expuesto frente a cada amenaza, el nivel de riesgo respectivo y las medidas recomendadas frente a estos resultados.

El estudio deberá suministrar resultados y recomendaciones que permitan:

- Realizar un análisis y gestión de administración del riesgo previsible, incluyendo criterios y medidas de gestión y mitigación; identificando el impacto que tendría en la infraestructura del proyecto.
- Determinar el Plan de tratamiento de los riesgos para ser implementado en el proyecto, que permita responder a los eventos identificados.
- Ser un insumo fundamental para la construcción de la matriz de riesgos definitiva que acompañará el proceso de contratación, la cual deberá ser profundizada 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 etapa de construcción del proyecto.
- Se deberá dejar explícitamente las recomendaciones a tener en consideración durante la siguiente fase de estudios.
- Acoger la legislación vigente, junto con los avances metodológicos desarrollados por las entidades especializadas, para que sean identificados, analizados y gestionados los riesgos a nivel de la siguiente fase.

ANEXOS

Se deberá organizar en medio digital toda la información secundaria y primaria que haya sido utilizada para el desarrollo del presente Estudio. Así mismo, se deberá clasificar para fácil consulta, tanto por parte del Interventor y/o del INVÍAS, como por cualquier otra persona que se encuentre interesada en acceder a dicha información.

2.16. VOLUMEN XVI. ESTUDIO ESTIMACIÓN DE CANTIDADES DE OBRAS, COSTOS Y PRESUPUESTOS

El informe final deberá contener como mínimo los siguientes capítulos:

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA
CAPÍTULO 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES

1.1 OBJETIVO

Proporcionar la información de ingeniería necesaria que permita a este nivel una estimación más aproximada del costo de ejecución del proyecto, tomando como base el cálculo más exacto de unas cantidades de obra.

1.2 ALCANCES

Para lograr el objetivo propuesto, el Consultor dentro de este estudio específico debe desarrollar los siguientes temas basado en los estudios, planos y prediseños adelantados por las diferentes áreas técnicas del proyecto.

- Identificar las características técnicas del proyecto a partir de las diferentes áreas técnicas: volúmenes de obra, posibles materiales a emplear, longitudes aproximadas de transporte de materiales de construcción y de materiales sobrantes, etc.
- Con base en la topografía de detalle a desarrollar en esta fase, hacer una aproximación a las cantidades de Obra, sobre todo en lo relacionado con movimientos de tierra, requerimientos de materiales y las que resulten del predimensionamiento de estructuras.
- Estimar los Precios Unitarios.
- Desarrollar el Presupuesto aproximado para la obra.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

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.

2.1 CANTIDADES DE OBRA

Las cantidades de obra para cada ítem se calcularán con base en los planos y según la sectorización de la vía, presentando una matriz con las cantidades de obra por kilómetro.

Estos valores se presentarán mediante la elaboración de un formato que contemple como mínimo lista de cantidades de obra, precios unitarios, valor total del presupuesto y el número y la descripción del ÍTEM de PAGO.

2.2 ESTIMACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS

Para estimar lo Precios Unitarios el Consultor debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Las condiciones de ejecución de acuerdo con los ítems de pago de las Especificaciones Generales de Construcción establecidas por INVÍAS y las Especificaciones Particulares definidas en el estudio.
- Con base en información secundaria como bibliografía, proyectos similares tanto en zona geográfica como características técnicas propias del proyecto y apoyado en la recolección de información primaria de la zona específica para aquellas actividades o aspectos de gran relevancia o complejidad, como por ejemplo los relacionados con la construcción de túneles o demás aspectos que puedan influir en el costo final de los precios unitarios y que afectan los rendimientos como los factores de humedad, altura sobre el nivel del mar, etc., establecerá en precio unitario para cada una de las actividades más representativas en la ejecución del proyecto.
- La unidad de medida para pago deberá estar de acuerdo con la especificación correspondiente.
- Los precios de los materiales deben corresponder a valores actualizados. Es necesario relacionar las cantidades requeridas para ejecutar cada ítem, según su unidad de medida incluyendo desperdicios y los materiales o elementos auxiliares y/o adicionales transitorios (formaletas, cimbras, vigas de lanzamiento, etc.).
- Para la determinación de los Precios Unitarios de m3 de los materiales para la estructura de pavimento con base en el predimensionamiento desarrollado en esta fase, como materiales granulares, capas de rodadura, etc, se considerarán cuantificándolos en su posición definitiva y se reconocerá el transporte desde la Fuente de Material o Planta de Producción hasta el sitio de la colocación por m3-Km., siendo este m3 compacto.
- Análisis de las tarifas horarias y estudio de rendimientos y ciclos del equipo que se empleará.
- Se permitirá el uso de precios referenciales o usar el promedio de precio de otros proyectos de características similares.

2.3 PRESUPUESTO

Con los precios unitarios de cada ítem y las respectivas cantidades de obra, se determinará el Presupuesto Básico de la obra en pesos colombianos, a la fecha de presentación del estudio.

Debe agruparse de acuerdo con los Capítulos de las Especificaciones. Los códigos de los ítems, sus unidades y descripción deben corresponder también con las especificaciones.

El presupuesto oficial total, será la suma del Presupuesto Básico o costo directo más el valor correspondiente al A.I.U. estimado por el consultor para el proyecto según propuesta inicial.

2.4 PRODUCTOS ENTREGABLES

El consultor deberá entregar como productos resultantes de los estudios y diseños para este volumen un Informe ejecutivo en el cual de respuesta a todos los requerimientos anteriormente descritos teniendo como anexos el presupuesto estimado que sirva como referencia para la estimación más aproximada del costo total del proyecto con sus soportes (Análisis APU y AIU, rendimientos mano de obra, equipos y cotizaciones) en los formatos dispuestos por el INVIAS en su sistema de calidad.

Deberá implementarse la metodología BIM, *Building Information Modeling,* que es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, la cual permite detectar y subsanar en tiempo real posibles inconsistencias, interferencias, y conflictos entre especialidades. El Consultor deberá implementar BIM, realizando la modelación en un software BIM definido por el mismo en el Plan de Ejecución BIM (BEP), y gestionar dicha información en un Entorno Común de Datos (CDE) que facilite la comunicación entre las partes durante el desarrollo del proyecto y donde puedan consignarse documentos como las actas de reunión, actas técnicas, y demás documentos requeridos para la correcta ejecución del contrato. Además, los presupuestos deberán realizarse con base en las cantidades de obra que se obtengan del modelo, y realizar una simulación constructiva que tenga en cuenta los tiempos y los costos de los demás volúmenes. El consultor deberá remitirse al documento **ANEXO BIM A LOS REQUERIMIENTOS TÉCNICOS ESTUDIOS FASE II – FACTIBILIDAD**, con la finalidad de verificar los requerimientos exigidos para el presente volumen y complementar lo allí solicitado incorporando la metodología BIM al proyecto.

CAPÍTULO 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Consultor deberá presentar las conclusiones y recomendaciones que considere pertinentes con referencia al área de estudio y que deben tenerse en cuenta durante la etapa de construcción del proyecto de infraestructura.

2.17. VOLUMEN XVII. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA Y FINANCIERA

VOLUMEN I. EVALUACIÓN FINANCIERA

La evaluación financiera para la Fase II de un proyecto parte de la base y entendimiento que el desarrollo de los estudios técnicos equivale a una Factibilidad. Con estudios de Factibilidad en Fase II, se puede determinar si un proyecto es generador de utilidades, rentabilidad financiera, que, además, tiene en cuenta la rentabilidad socioeconómica, por lo que se cuenta con presupuesto de inversiones, costos e ingresos, flujo de caja, beneficios sociales, económicos,

ambientales y otros propios del proyecto, y se pueden calcular indicadores como el Valor Presente Neto - VPN, la Tasa Interna de Retorno - TIR, la relación Beneficio/ Costo, entre otros.

Esto es relevante para determinar la financiación del proyecto y/o el interés de los inversionistas y/o de los financiadores y de las estructuras de recursos de financiación para el desarrollo del proyecto. Adicionalmente para determinar si es posible atender el proyecto con las fuentes de financiación que existen o que se puedan estructurar. No obstante, el análisis de los riesgos del proyecto con su mitigantes es fundamental para fijar las posibles condiciones de financiación del proyecto y determinar las posibles garantías o coberturas que se podrían llegar a requerir.

Por otro lado, para la evaluación socioeconómica del proyecto, y con el fin de que los estudios técnicos y diseños para la ejecución de obras de infraestructura, sean soluciones ingenieriles construibles y viables para las vías o sectores objeto de estudio, se deben definir los documentos técnicos necesarios que satisfagan los requerimientos mínimos de seguridad, comodidad y transitabilidad para los desarrolladores de la infraestructura vial.:

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA
CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN Y TOMA DE INFORMACIÓN - FUENTES DE FINANCIACIÓN PARA PROYECTOS CON ESTUDIOS FASE II
CAPITULO 4. PROYECTOS POR APP – FUENTES DE FINANCIACIÓN
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES

El objetivo de este capítulo es desarrollar la evaluación financiera de un proyecto con desarrollo de estudios Fase II. Se analizarán las diferentes fuentes de financiación disponibles o en proceso de estructuración y/o viabilización, para poder llevar a cabo proyectos de infraestructura vial con estudios técnicos en Fase II.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

A partir de la viabilidad técnica, económica, social, ambiental del proyecto en Fase II, se procede a evaluar financieramente el proyecto para determinar los beneficios de rentabilidad que hacen que dicho proyecto pueda ser financiable con recursos disponibles en el mercado financiero, con recursos públicos, o con fuentes alternativas que pueden unirse para poder construir y/u operar y mantener el proyecto.

Posteriormente se evalúan las posibles condiciones de las distintas fuentes o de financiación en cuanto a tipo de fuentes, disponibilidad, tipo de moneda, plazo, costo, modalidad de amortización y garantías exigibles.

En caso de que una Entidad Estatal quiera desarrollar el proyecto con sus propios recursos, allí no se buscará que el proyecto genere utilidades, sino que se procurará, con las herramientas

básicas desarrolladas, asegurar el adecuado funcionamiento y sostenibilidad de este. Evaluando así, otro tipo de rentabilidades como lo es la social, económica y/o ambiental.

Si bien el proyecto se encuentra con estudios Fase II, los recursos destinados a su ejecución deberán incluir el desarrollo de estudios definitivos o Fase III, para su ejecución.

2.1 SOFTWARE Y PROGRAMAS DE COMPUTADOR

Deberá implementarse la metodología BIM, *Building Information Modeling,* que es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, la cual permite detectar y subsanar en tiempo real posibles inconsistencias, interferencias, y conflictos entre especialidades. El Consultor deberá implementar BIM, realizando la modelación en un software BIM definido por el mismo en el Plan de Ejecución BIM (BEP), y gestionar dicha información en un Entorno Común de Datos (CDE) que facilite la comunicación entre las partes durante el desarrollo del proyecto y donde puedan consignarse documentos como las actas de reunión, actas técnicas, y demás documentos requeridos para la correcta ejecución del contrato.

CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN Y TOMA DE INFORMACIÓN - FUENTES DE FINANCIACIÓN PARA PROYECTOS CON ESTUDIOS FASE II

Para la recopilación de la información relacionada con las fuentes de financiación disponibles para el desarrollo del proyecto, se acudió a revisar como se han financiado proyectos viales en Colombia y en la región, así como las alternativas que está evaluando el INVÍAS a través de diferentes mecanismos de liquidez y garantizar recursos a mediano y largo para el desarrollo de los proyectos.

Se encontró que la financiación de estos proyectos está relacionada con la modalidad de contratación, es decir, si es obra pública o es obra bajo la modalidad de Asociación Público-Privada en Concesión. Tal diferenciación se hace para incluir las alternativas de financiación por parte del sistema financiero y el mercado de capitales, de acuerdo con el ejecutor del proyecto.

3.1 PROYECTOS POR OBRA PÚBLICA - FUENTES DE FINANCIACIÓN

Los proyectos otorgados mediante un contrato de obra pública tradicionalmente se han financiado con recursos del Presupuesto General de la Nación y/o de las Entidades Territoriales y con recursos del Sistema General de Regalías.

Eventualmente cuando se llevan a cabo programas viales con componentes adicionales de desarrollo e impacto productivo, regional, social, inclusivo, etc.; se puede acceder a recursos de organismos multilaterales que están asociados a un préstamo que estas entidades realizan

al gobierno nacional con una destinación específica, por lo general con plazos y condiciones de pago favorables para el Estado.

Los recursos utilizados para el desarrollo de estos proyectos por obra pública, por lo general, solo son utilizados para financiar la construcción y por lo tanto los plazos están asociados a los tiempos en que se desarrolla la obra, de tal manera que se pueden autorizar vigencias futuras para la entidad contratante y así asegurar los recursos por el plazo requerido para la construcción. Generalmente al constructor o adjudicatario de la obra se le otorga un anticipo sobre el valor estimado de la inversión. En los contratos de obra pública los riesgos en su gran mayoría están a cargo de la entidad contratante.

3.2 FUENTES ALTERNATIVAS DE FINANCIACIÓN

Adicional a las fuentes tradicionales utilizadas para la financiación de los proyectos de infraestructura vial con estudios Fase II, se conciben otras fuentes que se detallan a continuación algunas de las cuales, si bien no se han utilizado por parte del INVÍAS, existen experiencias exitosas en otros proyectos de naturaleza similar. Otras fuentes planteadas se encuentran en proceso de reglamentación, o con algún grado de avance o estructuración para su implementación en proyectos de infraestructura vial. Por los montos de los proyectos a ejecutar es muy probable que se utilicen una o varias fuentes de financiación, para lograr la totalidad de los recursos requeridos y que se asegure no solo el diseño y la construcción, si no también, la operación y mantenimiento.

3.3 MECANISMO DE OBRAS POR IMPUESTOS

Obras por Impuestos es un mecanismo del Gobierno Nacional inmerso en la Ley 1819 del 29 de diciembre de 2016 en su artículo 238, reglamentado mediante el Decreto 1915 del 22 de noviembre de 2017. La Ley 1819 del 29 de diciembre de 2016 adoptó una Reforma Tributaria estructural, estableció incentivos tributarios para cerrar las brechas de desigualdad socioeconómica en las Zonas Más Afectadas por el Conflicto Armado (en adelante ZOMAC), entre ellos, el mecanismo de Obras por Impuestos definido en el artículo 238. Con la emisión del Decreto 1915 de 2017, se aclaró cómo se pondrá en marcha el artículo 238 de la reforma tributaria que permite que los empresarios financien obras y paguen parcialmente el impuesto sobre la renta y complementario a cargo, mediante la ejecución de obras de trascendencia social en las zonas más afectadas por el conflicto.

Bajo este mecanismo las empresas tienen la posibilidad de pagar hasta el 50% de su impuesto de renta, a través de la ejecución directa de proyectos de inversión en las zonas más afectadas por la violencia y la pobreza. Los contribuyentes podrán invertir en la construcción, mejoramiento, optimización o ampliación de infraestructura y la dotación requerida para el suministro de los siguientes servicios: Agua potable y alcantarillado, Energía, Infraestructura vial, Educación y Salud públicas. Es decir, en lugar de transferir el dinero al tesoro nacional por intermedio de la Dian, el contribuyente podrá elegir un proyecto de interés social en las ZOMAC, aportar recursos para la ejecución de dicho proyecto y pagar parcialmente el impuesto de renta a cargo.

Para facilitar el uso de este mecanismo, ha existido un techo fiscal en virtud del cual el límite que el Consejo Superior de Política Económica y Fiscal – Confis- ha aprobado anualmente ha sido de $250.000 millones.

Modalidades:

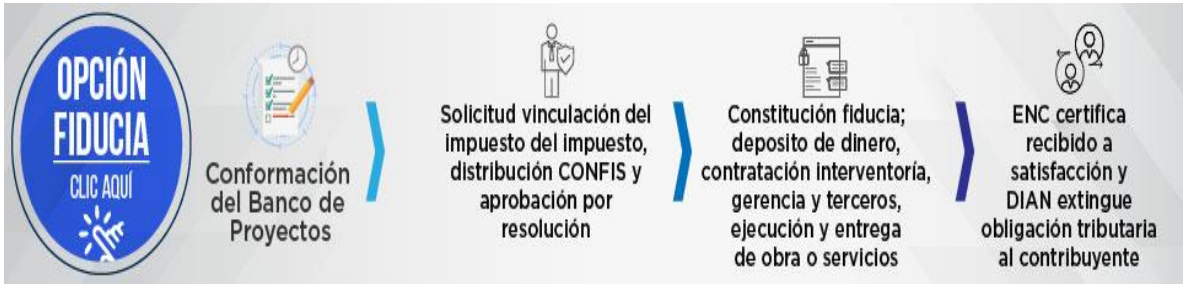
El mecanismo de pago "Obras por Impuestos" es una forma más de extinción de las obligaciones tributarias a través de dos modalidades:

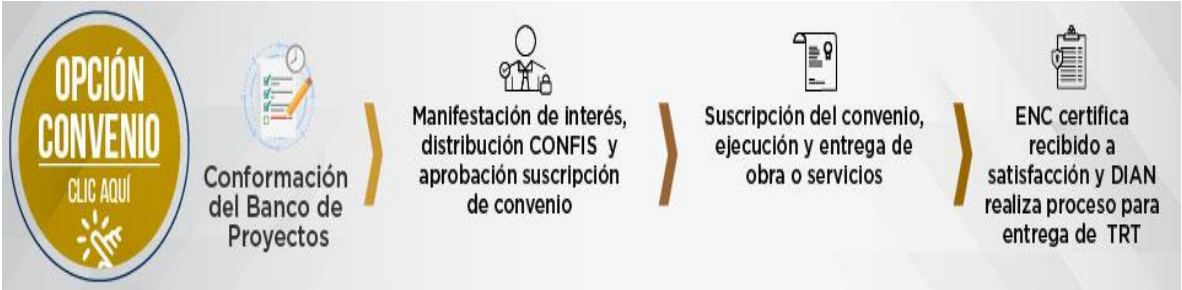
Modalidad 1. Si el aporte para el proyecto es hasta del 50% o menos del impuesto de renta y complementario a cargo en el respectivo periodo gravable, la obligación tributaria vinculada a "Obras por Impuestos" a través de un procedimiento previo, se extinguirá una vez le emitan al contribuyente o responsable del impuesto, el certificado de entrega de la obra totalmente construida y en disposición para su uso y/o funcionamiento junto con la conformidad de la debida satisfacción por parte del interventor.

Modalidad 2. Si la inversión supera el 50% del impuesto a cargo del respectivo periodo gravable, los recursos consignados en la fiducia de destino exclusivo a la construcción de la obra podrán ser usados para el pago de hasta el 50% del impuesto sobre la renta a cargo liquidado en el año gravable. Este descuento podrá efectuarse en cuotas iguales durante un periodo de 10 años contados a partir del inicio de la ejecución del proyecto.

Para poder acceder a estos proyectos, se debe seleccionar una iniciativa y registrarla en la Agencia de Renovación del Territorio (ART), que es la entidad encargada de mantener actualizado el banco de proyectos de inversión en las ZOMAC. Posteriormente deberá presentar una solicitud, indicando el proyecto y la modalidad de pago, constituir una fiducia y depositar el valor de los impuestos y, finalmente, ejecutar y entregar la obra. El contribuyente también puede seleccionar una obra previamente registrada en el banco de proyectos. En este caso, solo deberá adelantar el proceso a partir de la presentación de la solicitud.

Independientemente donde se encuentren ubicadas u operando las empresas o las personas naturales que deseen apostarle a la construcción de paz a través de esta medida, podrán desarrollar proyectos teniendo en cuenta el paso a paso que se describe a continuación:





Con base en lo anterior, el mecanismo de Obras por Impuestos se constituye en otra fuente alternativa de recursos para poder ejecutar proyectos viales en diversas zonas del país.

3.4 RECURSOS DE CONTRAPRESTACIONES PORTUARIAS

El artículo 7 de la Ley 1 de 1991, modificado por la Ley 856 de 2003, contempla en el "*PARÁGRAFO 1º. La contraprestación que reciba la Nación por concepto de zonas de uso público e infraestructura a través del Instituto Nacional de Vías, INVÍAS, o quien haga sus veces, se destinará especialmente a la ejecución de obras y mantenimiento para la protección de la zona costera, dragado de mantenimiento y/o profundización, construcción y/o mantenimiento de estructuras hidráulicas de los canales de acceso a todos los puertos a cargo de la Nación, para el diseño, construcción, ampliación, rehabilitación y mantenimiento de las vías de acceso terrestre, férrea, acuático y fluvial a los puertos del respectivo distrito o municipio portuario y a las obras de mitigación ambiental en el área de influencia tanto marítima como terrestre.*"

Es así como el INVÍAS puede utilizar recursos de contraprestaciones portuarias para lo relacionado con el diseño, construcción, ampliación, rehabilitación y mantenimiento de las vías de acceso terrestre a los puertos del respectivo distrito o municipio; siendo esta esta otra fuente alternativa de recursos para financiar las obras de infraestructura vial.

3.5 RECURSOS DE VALORIZACIÓN

La Ley 1955 de 2019 en su artículo 97, tiene previsto entre las fuentes de financiación y pago para apoyar la realización de proyectos de infraestructura de transporte otras fuentes entre las que se encuentra los recursos por valorización. Sin embargo, se requiere del Decreto de reglamentación para poder usar esta fuente de recursos para el desarrollo de proyectos. Existen proyectos viales actuales que han impactado zonas que se han desarrollado y cuyas áreas de terreno han visto incrementado sus precios, por esta razón se considera que el cobro de una contribución de valorización a los propietarios, podría ser una fuente alternativa de recursos para el desarrollo de proyectos de infraestructura vial.

3.6 RECURSOS DE PEAJES

El INVÍAS cuenta con peajes que administra a lo largo del territorio nacional por lo que esta es otra fuente por considerar para financiar proyectos de infraestructura vial. Dependiendo del valor del proyecto y de los peajes que lo componen, es posible utilizar el producto de estos para financiar parcial o totalmente el proyecto. Para considerar los peajes comprendidos o incluso nuevas casetas de peajes, sobre un proyecto que podría estar a su vez compuesto por varios tramos, es importante asignar el recaudo de esos peajes en una cuenta especial que podría ser un mecanismo fiduciario o algo similar para aislar estos recursos del presupuesto del INVÍAS.

3.7 MECANISMO DE TITULARIZACIÓN DE PEAJES

El mecanismo de titularización es muy utilizado en el sector financiero, y permite al emisor agrupar flujos de caja futuros, para emitir en el mercado de valores, títulos que son adquiridos por inversionistas y que el recaudo de la venta de esos títulos permite al emisor adquirir liquidez para financiar sus operaciones y/o inversiones.

Los recursos del recaudo de los peajes se deben ingresar periódicamente a un patrimonio autónomo que se constituye por cuenta y orden del originador, en este caso el INVÍAS. La emisión de los títulos valores los realiza el patrimonio autónomo y deben contar con una calificación que otorga una entidad calificadora de riesgos. Dependiendo de las características del título y su calificación, se determina la tasa de interés que se le va a reconocer al inversionista.

La titularización de flujos futuros, en este caso de los peajes, es un mecanismo para obtener liquidez a través del mercado de capitales y ya es conocido y aceptado entre los inversionistas en Colombia. Por lo anterior es factible que el INVÍAS desarrolle el programa de titularización de peajes para financiar sus obras. Con los recursos de titularización de peajes se aseguran recursos a mediano y largo plazo para la ejecución de los proyectos.

3.8 FONDO DE FUENTES ALTERNATIVAS DE PAGO PARA EL DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURA (FIP)

El artículo 149 de la Ley 2010 de 2019 creó el patrimonio autónomo Fondo de Fuentes Alternativas de Pago para el Desarrollo de Infraestructura (FIP), administrado por el Ministerio de Hacienda. El FIP se reglamenta mediante Decreto 223 del 2 de marzo de 2021. El Fondo de Fuentes Alternativas de Pago para el Desarrollo de Infraestructura tiene por objeto la administración y gestión de recursos que podrán destinarse como fuente de pago para el desarrollo de proyectos de infraestructura. El Fondo podrá entregar a cualquier título los recursos a las entidades concedentes para el desarrollo de proyectos de infraestructura, de acuerdo con las condiciones que se definan en el correspondiente contrato de fiducia mercantil y el reglamento del Fondo.

El patrimonio del Fondo de Fuentes Alternativas de Pago para el Desarrollo de Infraestructura (FIP) podrá estar constituido, entre otras, por las siguientes fuentes de recursos:

1. Recursos del valor residual de concesiones y obras públicas, y/u otras fuentes alternativas que defina el Gobierno nacional y/o las Entidades Territoriales.
2. Recursos derivados de la Contribución Nacional de Valorización una vez descontados los valores producto de los compromisos legales o contractuales adquiridos previamente.
3. Rendimientos que genere el Fondo y los que obtenga por la inversión de los recursos que integran su patrimonio.
4. Recursos que obtenga a través de operaciones de crédito público, de financiamiento interno o externo y de tesorería destinadas al cumplimiento del objeto del Fondo conforme con lo dispuesto en el artículo 2.23.19 del presente decreto.
5. Recursos del Presupuesto General de la Nación a favor del Fondo.
6. Recursos de organismos multilaterales y cooperación nacional o internacional.
7. Ingresos propios de las entidades estatales que éstas hayan asignado para el desarrollo de proyectos de infraestructura y cuyos derechos económicos, así como los recursos, sean cedidos al Fondo.
8. Recursos de peajes, tarifas al usuario o explotación comercial, en contratos de concesión, que hayan quedado en libre disposición para la entidad contratante y cuyos derechos económicos, así como los recursos, sean cedidos al Fondo.
9. Derechos económicos de concesiones y/o contratos de asociaciones público-privadas que las entidades estatales hayan asignado para el desarrollo de proyectos de infraestructura y que sean cedidos al Fondo.
10. Operaciones de cobertura sobre los recursos que conforman el patrimonio del Fondo y respecto de las operaciones de crédito público y financiamiento que celebre.
11. Recursos de las entidades territoriales que estas hayan asignado para el desarrollo de sus proyectos de infraestructura y cuyos derechos económicos, así como los recursos, sean cedidos al Fondo.
12. Los demás que determine el Gobierno nacional.

Este Fondo se encuentra en proceso de constitución del patrimonio autónomo y será una fuente alternativa adicional como mecanismo de financiación para los proyectos viales del INVÍAS.

3.9 ENAJENACIÓN DE ACTIVOS

Otra fuente alternativa de financiación, proviene de los recursos derivados de la venta de activos, susceptibles de enajenación, a nombre del INVÍAS. De tal manera que corresponde a la Entidad valorar esos bienes, determinar el mecanismo de venta y obtener las autorizaciones para su venta, en el tiempo que se establezca, para que con el resultado de las ventas se obtengan recursos puedan destinarse para la financiación de obras en las vías.

CAPÍTULO 4. PROYECTOS POR APP – FUENTES DE FINANCIACIÓN

Los proyectos que se desarrollan a través de contratos de Asociación Público-Privada son financiables bajo la figura de Project Finance, cuya financiación se paga con los recursos que genera el mismo proyecto y son contratos a largo plazo. La Agencia Nacional de Infraestructura – ANI es la entidad del Gobierno Nacional a cargo de las concesiones viales y proyectos desarrollados bajo el esquema de APP. Aunque estos proyectos no están a cargo del INVÍAS, se hace una breve descripción de las fuentes de financiación de este tipo de proyectos, solamente para explicar las otras fuentes de financiación existentes para el desarrollo de proyectos viales mediante el esquema de APP.

Dado que el contrato se adjudica a la empresa que se constituye para desarrollar el proyecto, es esta la que recurre a conseguir la financiación del proyecto. El proyecto se ha estructurado previamente con estudios técnicos, ambientales, tráfico, riegos, modelo financiero, entre otros, de tal manera que se define el valor del proyecto con todos sus componentes y se propone la manera de financiarlo con aportes de capital del concesionario y con recursos de deuda. Tales recursos pueden financiarse a través de varias fuentes como son: banca local e internacional, organismos multilaterales (CAF, BID, IFC), bancos de desarrollo como la Financiera de Desarrollo Nacional - FDN; el mercado de valores a través de emisiones de bonos, fondos de deuda y/o de capital; pudiendo ser una combinación de varios de estas fuentes.

Las condiciones de la financiación se realizan con base en la estructura de ingresos y costo del proyecto, sus riesgos, y las fuentes de remuneración al concesionario, principalmente. El que contrae la deuda es el proyecto y adicionalmente se exigen garantías o colaterales a los socios.

Dado que son obras que el Estado contrata para que las desarrolle un privado y luego revierta la infraestructura a la Nación, se reconocen unos pagos al concesionario, con recursos que pueden ser recursos del Presupuesto General de la Nación, generalmente a largo plazo, por lo que se comprometen vigencias futuras por varios años. Otra fuente de pago son los ingresos de peajes colocados en el proyecto. Así pues, el pago al concesionario puede venir de una de las dos fuentes o una combinación de ambos recursos. Cuando los recursos para la remuneración al concesionario son en su mayoría recursos de vigencias futuras, las fuentes de financiación suelen ser más numerosas, de igual manera ocurre cuando los ingresos de peajes están a su vez garantizados por el Estado. Esto hace que los financiadores vean el proyecto con bajo riesgo en cuanto a la fuente de pago se refiere.

Se pueden incorporar como otras fuentes de pago de los proyectos los recursos del Sistema General de Regalías o recursos de valorización que en Colombia no se han utilizado hasta la fecha.

La Ley 1508 de 2012, o ley de Asociaciones Público-Privadas, prevé que estos proyectos pueden ser de iniciativa pública o de iniciativa privada. Los primeros pueden comprometer recursos del presupuesto general de la nación y son estructurados y promovidos por entidades estatales. Por su parte las iniciativas privadas son presentadas por el ente privado a la entidad estatal correspondiente. El privado desarrolla los estudios de la estructuración y pueden solicitar hasta el 20% de recursos públicos para su remuneración, es decir, que la mayoría de los recursos vienen de peajes. El pago al concesionario se realiza en la medida que cumpla los

indicadores de disponibilidad, estándares de calidad y niveles de servicio establecidos en el contrato.

Una de las ventajas de desarrollar proyectos viales por APP es que no solo se asegura la construcción si no también su mantenimiento y operación.

Para la financiación de estos proyectos se requiere que el concesionario aporte capital a la empresa concesionaria para el desarrollo del proyecto. Estos aportes de capital están fijados en el contrato de APP en término de monto y fecha para su aporte al patrimonio autónomo que es quien maneja los recursos que ingresan al proyecto. También se requieren recursos de deuda que es aportado por el concesionario a través de las entidades financieras mencionadas con anterioridad al patrimonio autónomo. Con el aporte de estos recursos se empieza a construir el proyecto y durante esta etapa es donde se vigilan con mayor detalle los posibles riesgos asociados al proyecto, dado que es durante la construcción cuando se pueden llegar a materializar algunos de los riesgos analizados. De acuerdo con la matriz de riesgos del proyecto, los riesgos se han debido asignar al concesionario, a la entidad estatal o incluso algunos se pueden compartir entre los dos. Los financiadores analizan los riesgos del proyecto, evalúan la capacidad técnica del concesionario, revisan las fuentes de pago del proyecto para determinar las condiciones de plazo, tasa y forma de pago de la deuda. Tradicionalmente los proyectos se financian con recursos de largo plazo, sin embargo, inicialmente para iniciar la construcción se obtienen recurso de corto o mediano plazo, o créditos puente, mientras el concesionario logra estructurar la deuda de largo plazo o cierre financiero del proyecto, para asegurar los recursos para la realización del proyecto. Así es como la financiación de estos proyectos incluye una mezcla de recursos de deuda con diferentes plazos, tasas de interés, moneda, períodos de gracia para pago a capital; y de recursos de capital o *equity*, que hace que para que un inversionista decida invertir en la sociedad concesionaria para el desarrollo del proyecto, el proyecto en si debe arrojar una rentabilidad atractiva que responda a las expectativas de este tipo de inversionistas.

Pueden existir contratos de APP que solo incluyen la operación y mantenimiento de las vías. Estos contratos también se financian con las mismas fuentes de recursos que aplican para este tipo de contratos y es una buena alternativa para asegurar el efectivo mantenimiento y operación de las carreteras con indicadores de desempeño acordes a contratos de concesión.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para el desarrollo de proyectos con estudios en Fase II, existen diversas fuentes de financiación. El acceso a estas fuentes depende del modelo mediante el cual se vaya a desarrollar el proyecto, ya sea mediante un contrato de obra pública o con un contrato de APP. En ambos casos se contrata a un contratista para que desarrolle el proyecto.

Para la ejecución de proyectos viales a cargo de INVÍAS, a través de obra pública, existen varias fuentes de financiación que se pueden utilizar de manera individual o conjunta, dependiendo del valor de la inversión. Si bien se han utilizado tradicionalmente fuentes provenientes del presupuesto general de la nación, del presupuesto de las entidades territoriales y recursos de

regalías, así como los recursos de contraprestaciones portuarias y peajes, existen mecanismos adicionales que se están formalizando como el FIP, la titularización de peajes, la contribución por valorización, entre otros que sin duda alguna serán una fuente adicional de financiación para el diseño, ampliación, construcción, rehabilitación y mantenimiento de las vías a cargo del INVÍAS. El acceso a estas fuentes innovadoras que además involucran a otras entidades, así como la creación de patrimonios autónomos y el acceso al mercado público de valores constituye, sin lugar a duda un avance para que el INVÍAS cuente con recursos adicionales bajo distintas modalidades para financiar las necesidades de la infraestructura vial a su cargo. Es importante tener en cuenta en las alternativas de financiación lo relacionado con el componente climático y la existencia de fuentes de financiación que promueven proyectos con adaptación al cambio climático.

En el contrato de APP se asignan recursos para pagar el desarrollo del proyecto al concesionario, que provienen del Presupuesto General de la Nación a través de vigencias futuras y/o recursos de peajes. Por su parte el concesionario debe recurrir a conseguir lo recursos para construir, operar y mantener el proyecto durante el plazo del contrato y en la medida que va cumpliendo indicadores de desempeño, se le va pagando. Con estos recursos debe pagar los costos del proyecto incluido el costo de financiación.

Para estos proyectos desarrollados a través de contratos de APP, existen fuentes de financiación en el mercado financiero y de valores colombiano y extranjero de corto, mediano y largo plazo, así como recursos en otras monedas, y con condiciones específicas para cada proyecto en términos de tasa y modalidades de pago.

Es así como existen estas dos alternativas para el desarrollo de proyectos que cuentan con distintas fuentes de financiación para poder lograr su ejecución, y su financiación depende entre otros factores, de los riesgos asignados al proyecto, los ingresos de peajes, el plazo de los contratos y la complejidad técnica de las obras, así como la afectación al cambio climático

VOLUMEN II. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA

CAPÍTULO 6. OBJETIVOS Y ALCANCES

6.1 OBJETIVOS

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 procuren dar solución a un problema expresado como deficiencia o carencia en el suministro de la infraestructura vial requerida para la comunicación y el transporte.

Como resultado del proceso de evaluación, el Consultor expresará juicio sobre la bondad o conveniencia de asignar recursos para la continuación de los estudios a nivel de Fase III, en la búsqueda de obtener diseños definitivos para implementar el proyecto, como requisito indispensable para obtener beneficios económicos identificados y diferenciados en cada una de las alternativas de solución propuestas. 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.

6.2 ALCANCE

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 incluir los vínculos existentes entre las políticas, planes y proyectos nacionales y departamentales con el objeto principal del proyecto.

En cuanto se refiere a los aspectos del análisis o estimación de costos, los mismos mantendrán un referente valido, 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 II.

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 “con y sin” proyecto, para cada alternativa considerada.

CAPÍTULO 7. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

El Consultor presentará la metodología de evaluación 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.

7.1 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

En la generalidad de los casos, los estudios que tienen por objeto la Construcción y pavimentación de nuevas vías, así como el Mejoramiento de vías en cuanto a cambios de especificaciones, como la pavimentación de vías existentes pero con superficie en afirmado, o cambios en las dimensiones, como la construcción de segunda calzada, y Rehabilitación de vías que tienen por objeto específico la reconstrucción o recuperación de las condiciones iniciales, dada la posibilidad de identificar en ellos costos y beneficios, deberá adelantarse la Evaluación Económica mediante la aplicación de la Metodología Análisis Costo Beneficio (ACB), utilizando para ello las herramientas que permitan la generación de informes como Costos de Operación Vehicular y Costos de Mantenimiento entre otros, para cada alternativa.

Para todos los efectos de realizar los Estudios de Evaluación, el Consultor reunirá la información pertinente a las condiciones existente de la vía y del proyecto propuesto. De forma general, a continuación, se indica la información que debe ser recaudada, con la salvedad en aquellos casos donde de no existir vía se deberá considerar como tal la vía alterna por la cual se transita:

- **Segmentos homogéneos dinámicos**: por volumen de Tránsito, Tipo de pavimento, estado o condición de este último y cualquier otro aspecto que amerite su incorporación. A partir de la información histórica de volúmenes de tránsito deberá efectuarse en principio una segmentación que represente el volumen de tránsito en los primeros diez o más kilómetros, donde el volumen de tránsito está representado por 11.500 vehículos diarios. Un segundo segmento homogéneo correspondería a aquel que represente los 1.500 o más vehículos diarios.

Características geométricas: Para cada segmento homogéneo representado y expresado, se deberá identificar lo siguiente: Longitudes de segmento, Curvatura vertical y horizontal. Anchos de calzada y bermas. Número de carriles. Velocidad limite y altitud. Tipo de drenaje.

Características estructurales: Deflexiones, Número estructural, Valores de CBR, Espesores de las capas, tipo de daños y áreas afectadas. Tipo de compactación, Material de la superficie.

Tipo de Daños: Profundidad media de ahuellamiento, Área fisurada, Valor del Índice de Regularidad Internacional (IRI), Número de baches por kilómetro, Calidad del Drenaje.

Tránsito: Volumen de TPD actual y futuro, composición y tasas de crecimiento para cada segmento homogéneo identificado. Identificación de Tránsito Atraído, Tránsito desviado, y Tránsito Generado. Identificación de la ocupación vehicular y en lo posible los motivos de viaje de las personas.

Costos: En cuanto a los Costos del proyecto, estos deberán reunir los Costos de la Obra, la Interventoría, costos por compra de predios e indemnizaciones, Costos correspondientes a la gestión ambiental y a las obras de mitigación, así como lo relacionado con impuesto, utilidad y demás. Considerando el alcance de los estudios estos valores corresponderán a un estimativo debidamente relacionado con características y particularidades del proyecto.

CAPÍTULO 8. DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO DE LA REGIÓN

El diagnóstico que enmarque y soporte el documento, corresponderá a aquel que compendie el conjunto de disciplinas participantes en el análisis de la situación actual del proyecto, y proyección futurista de los elementos de la infraestructura requerida para soportar y equilibrar la demanda actual y futura de infraestructura para el desarrollo industrial, comercial y socio cultural de la regional y aledaño a la zona del proyecto.

Con miras a obtener un documento autosostenible, el Consultor deberá incluir dentro del informe, los antecedentes relacionados con el problema por solucionar, identificando el área geográfica y caracterizando la región a través de sus aspectos demográficos y socioeconómicos, además de un resumen de resultados y conclusiones a que se llegue en el

estudio de las áreas complementarias del estudio de ingeniería y necesarias para una completa evaluación económica.

Entre estos antecedentes, el Consultor deberá considerar los referidos a la población beneficiada con el proyecto, sus niveles de ingreso, calidad de vida, actividades productivas, usos de la tierra, etc. Otro aspecto por tratar se refiere a los aspectos legales e institucionales dentro de los cuales se encuentra inserto el proyecto.

Con los antecedentes generales y los estudios de tráfico apropiados, se identificará la situación actual o sin proyecto. Se identificará, de manera clara el problema que se pretende solucionar o la necesidad insatisfecha, indicando y cuantificando todas las alternativas de solución, incluyendo dentro de ellas la no realización de acción alguna, enunciando las implicaciones que ello pueda generar.

CAPÍTULO 9. ESTIMACIÓN DE COSTOS Y BENEFICIOS DEL PROYECTO

El proyecto como fuente de costos y beneficios que ocurren en distintos periodos deberán ser asociado 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 formaran 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 dejaran de percibir.

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.

Adicionalmente deberán calcularse los costos estimados evitables por concepto de mantenimiento vial con la implementación del proyecto.

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.

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.

Por otro lado, en cuanto a los costos y beneficios no cuantificables, es importante que se tengan en cuenta los documentos CONPES en especial el 4023 de 2021, el cual establece la POLÍTICA PARA LA REACTIVACIÓN, LA REPOTENCIACIÓN Y EL CRECIMIENTO SOSTENIBLE E INCLUYENTE: NUEVO COMPROMISO POR EL FUTURO DE COLOMBIA y puede ser un referente para tener en cuenta los diferentes factores que intervienen en la reactivación del funcionamiento normal de la economía, dados los efectos nocivos dejados por el COVID-19, y lograr mediante las políticas de reactivación, el camino para llegar a construir un bienestar general en la sociedad.

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.

CAPÍTULO 10. INDICADORES ECONÓMICOS

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 Intertemporal 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.

10.1 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

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/o 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.

El cálculo de los indicadores de rentabilidad y el análisis de sensibilidad deberá efectuarse en términos de valor económico

CAPÍTULO 11. COSTOS Y BENEFICIOS NO CUANTIFICADOS

El proyecto de construcción de una nueva vía implica la síntesis de costos y beneficios que ocurrirán en distintos periodos. 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 sean estas originalidades las que, dependiendo de la magnitud de estas, las que determinaran la metodología de evaluación del proyecto de inversión pública.

A partir de ello todo costo y/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 realización o no sobre la continuación de los estudios del proyecto.

CAPÍTULO 12. ALCANCE DE LA EVALUACION ECONOMICA

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 y pavimentación del proyecto corresponden a un nivel de Fase II, 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 factibilidad. Sin embargo, el uso de supuestos que se incorporen debe estar fortalecidos 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 encuentre los estudios, especialmente los relacionados con los ajustados a los aspectos de Transporte, Trazado, Sección típica y tipo de superficie apropiada. Es decir, que podrá existir una evaluación a nivel de Fase II, en la medida que la información corresponda a esta etapa de estudio.

CAPÍTULO 13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se presentará el resumen de los aspectos considerados como elementos partícipes 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 capa capítulo se hayan podido obtener.

A partir de los resultados expresados mediante los indicadores económicos, el Consultor hará una interpretación de estos 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 con su correspondiente análisis de sensibilidad, el Consultor hará una interpretación de estos y proyectara los aspectos que deben ser atendidos durante la ejecución de la Evaluación Económica del Proyecto en la Fase III.

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.

3. 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, acorde al Anexo 1 GUIA PARA LA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS –PRODUCTOS DE LOS CONTRATOS REALIZADOS CON EL INVIAS.

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.

4. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PUNTOS CRÍTICOS

4.1. VOLUMEN I. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

El informe final deberá contener como mínimo los siguientes capítulos:

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES
CAPÍTULO 2. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS
CAPÍTULO 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES

1.1 OBJETIVO

Definir los lineamientos técnicos para la elaboración de estudios topográficos, en zonas críticas, teniendo en cuenta los criterios establecidos por el diseño geométrico, considerando aspectos técnicos de las especialidades de geotecnia, geología, ambiental, social e hidráulica entre otras.

1.2 ALCANCE

El Consultor deberá definir la metodología a utilizar para adelantar los estudios topográficos y esta debe ser avalada por interventoría; la metodología seleccionada debe cumplir con los requerimientos técnicos plasmados en este documento y garantizar las precisiones exigidas.

Realizar el estudio topográfico de la zona del o de los sitios críticos, estableciendo la georreferenciación y la toma de detalles del terreno, acorde con los lineamientos de este anexo técnico.

Realizar la materialización de los vértices de amarre horizontal y vertical del proyecto adecuadamente, fuera de las áreas identificadas como potencialmente inestables, ubicados en sitios que no se vean afectados por las obras a realizar, garantizando su perdurabilidad en el tiempo, de tal forma que sean la columna vertebral para los estudios y diseños y las labores de replanteo durante la construcción del proyecto.

Para las actividades de topografía se deberán seguir los lineamientos establecidos en la Norma Técnica Colombiana para Estudios Topográficos NTC-6271, con el fin de dar cumplimiento a los criterios técnicos establecidos en el presente numeral y garantizar la calidad del producto obtenido.

Todo estudio topográfico debe ser ejecutado por tecnólogo o técnico profesional en topografía, con licencia expedida por el concejo profesional de topografía – CPNT, cumpliendo los

requisitos establecidos en la ley 70 de 1979, o Ingeniero topográfico, con matrícula profesional vigente, expedida por el consejo profesional de ingeniería-COPNIA, cumpliendo los requisitos establecidos en la ley 842 de 2003 o aquella que derogue o modifique.

CAPÍTULO 2. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

2.1 ADOPCIÓN DATUM HORIZONTAL Y VERTICAL

Los estudios topográficos estarán referenciados al marco geocéntrico nacional de referencia MAGNA-SIRGAS [Resolución 068, enero 28 de 2005] como datum horizontal oficial, en época de referencia 2018.0 o la época oficial vigente. El modelo de geoide es GEOCOL 2004 o el más reciente, y el datum vertical, para referir todo tipo de alturas sobre el nivel del mar, es BUENAVENTURA.

La resolución IGAC 370 de 2021 “Por medio de la cual se establece el sistema de proyección cartográfica oficial para Colombia”, establece que la proyección cartográfica “Transverse Mercator” como sistema oficial de coordenadas planas para Colombia, con un único origen denominado “Origen Nacional”, referido al Marco Geocéntrico Nacional de Referencia, también denominado MAGNA-SIRGAS, así:

Tabla 9 Parámetros de la Proyección Origen Único Nacional

Parámetro	Valor
Proyección	Transversa de Mercator
Elipsoide	GRS80
Origen: Latitud	4° N
Origen: Longitud	73° W
Falso Este	5.000.000
Falso Norte	2.000.000
Unidades	Metros
Factor de escala	0.9992

Fuente: RESOLUCIÓN IGAC No. 370 DE 2021

2.1.1 PLANO TOPOGRÁFICO LOCAL

El sistema de proyección oficial para Colombia es el “Origen Único Nacional”, proyección cilíndrica transversa, en donde el eje del cilindro yace en el plano generado por el paralelo de referencia y la línea de tangencia está alineada con el meridiano central. La proyección “Origen Único Nacional” utiliza una única banda de longitud de 12°, que se extiende 6° al este y al oeste del meridiano central. “Origen Único Nacional” es una proyección conforme con factor de escala

constante para el meridiano central. El ámbito de aplicación sugerido para la proyección se concentra en la totalidad de la parte continental del territorio nacional.

El sistema de proyección "Origen Único Nacional", utiliza una proyección secante, que generan deformaciones mayores fuera de los puntos de tangencia, por lo que, no es una proyección recomendada para el desarrollo de proyectos de infraestructura, que requieren alta precisión. La selección de la proyección debe obedecer a la precisión que se requiere para los proyectos de infraestructura, evitando perdidas geométricas que pueden afectar el factor económico.

De acuerdo con lo anterior, los proyectos lineales, sufren deformaciones, que afectan la precisión de los estudios topográficos. Para reducir estas deformaciones, se hace necesario generar planos topográficos locales.

Los planos Topográficos Locales surgen con el objetivo de representar los verdaderos valores de terreno, en zonas donde la proyección transversa, por la separación del tramo con relación al meridiano de origen, la longitud del trazado o la diferencia de nivel presenta distorsiones y no representa distancias y áreas de acuerdo con la realidad del terreno.

La definición de un plano topográfico local se realizará considerando una cota media para un rango de trabajo máximo de 250 m hacia arriba y 250 m hacia abajo respecto de la cota media y una longitud máxima de 20 km de radio.

Teniendo en cuenta que las distancias medidas sobre el terreno, sean proyectadas en su verdadera magnitud sobre el plano horizontal local (línea tangente al origen), el plano debe ser calculado a la altura media del terreno, en el área del levantamiento topográfico, configurando así el plano topográfico local PTL.

Los parámetros de proyección de los PTL pueden ser reducidos en función del relieve del terreno. Tanto para la determinación de los valores adecuados, como para la determinación del área de cobertura del sistema, como de sus reducciones en función del relieve del terreno, se puede requerir el establecimiento de nuevos planos tangentes, constituyendo sistemas topográficos locales consecutivos con distintos orígenes. Cada uno de estos distintos sistemas topográficos deben estar conectados uno con otro, por medio de puntos comunes y que contengan coordenadas geodésicas conocidas.

Con base en los puntos GNSS ubicados cada tres (3) km aproximados a lo largo del corredor, se trazarán las poligonales bases. Las coordenadas de los puntos GNSS que servirán para amarrar el inicio como el final de cada poligonal, deben estar referidas al mismo PTL.

Notas Aclaratorias: (1). El uso de planos topográficos locales es de uso obligatorio, estos estarán referidos a las coordenadas obtenidas en sistema de proyección "Origen Único Nacional" de uno o varios vértices GNSS materializados en el tramo de estudio. (2). Todos los cálculos se realizarán a partir de las coordenadas obtenidas con los planos topográficos locales. (3). Los planos, Modelos digitales y demás productos utilizados para el diseño del corredor en estudio, estarán referidos a planos topográficos locales. (4). Adicionalmente, el contratista realizará la entrega del plano del proyecto, referido al sistema de proyección "Origen Único

Nacional". Este será el único producto que se entregará en este sistema, con fines de cumplir la resolución IGAC 370 de 2021. En ningún caso se entregará en "Origen Único Nacional" los cálculos de poligonales, cálculos de detalles y modelos digitales.

2.2 GEORREFERENCIACIÓN

La georreferenciación del proyecto se debe trasladar a puntos de amarre materializados fuera de la zona inestable o sitio crítico, con coordenadas referidas al sistema de referencia oficial para Colombia Magna Sirgas, en época de referencia 2018.0 o la época oficial vigente.

La materialización de pares de puntos de GNSS se realizará con mojones en concreto con placa de bronce o aluminio en zonas blandas y con placa incrustada en zonas duras. Estas placas estarán marcadas con el punto guía para el centrado y armado instrumental, Entidad contratante (INVÍAS), número de contrato, año, nomenclatura del punto y Consultor. Se debe garantizar la perdurabilidad, un horizonte despejado, la intervisibilidad, estabilidad y accesibilidad.

La materialización de pares de vértices GNSS se realizará con una distancia máxima entre ellos de 3 Km, ubicados fuera de las zonas críticas. La distancia entre el par de mojones estará ligada a la configuración topográfica del sitio, en zonas libres de obstáculos al zenit y que la distancia mínima entre vértices sea mayor a 100 m. Estos vértices podrán ser materializados con placa incrustada en sardineles, obras, zonas duras o cualquier otro lugar que garantice su permanencia o fundidos en campo con mojones fabricados en concreto con las siguientes dimensiones: 30 cm x 30 cm, profundidad mínima de 60 cm, deberán sobresalir del terreno mínimo 20 cm, y deben ser fundidos en forma de pata de elefante.

La red de mojones ubicada a lo largo del proyecto deberá ser posicionada con equipos GNSS doble frecuencia de última generación, creando una red geodésica de alta precisión con el método estático diferencial con doble determinación, posicionando en paralelo las dos placas que conforman las parejas de vértices. Los vértices deberán ser determinados y ligados a la red MAGNA-SIRGAS.

En lugares con cobertura limitada de las bases de rastreo continuo, se podrá realizar traslado de coordenadas, amarrándose a vértices de la red pasiva del IGAC; el Consultor debe verificar el estado y la estabilidad del vértice, comprobando que sea un punto apto para realizar amarres topográficos.

El tiempo mínimo de rastreo estará definido con la siguiente fórmula:

$$tr = 65\,min + (3min * (d - 10))$$

En donde:

tr = Tiempo de Rastreo
d = distancia en kilómetros a la base de rastreo más retirada.

Los cálculos para el postproceso en su error medio cuadrático no deberán ser superior a 0.03 metros.

Para realizar el levantamiento por medio de GNSS se deben tener en cuenta los siguientes requerimientos:

- Máscara de elevación: 30 grados sobre el horizonte.
- Cálculo de postproceso con efemérides precisas.
- Componente geométrico de dilución de la precisión PDOP < 4.
- Mínimo de satélites visibles a asegurar: 4.
- Recolectar datos para tres dimensiones.
- La antena debe estar nivelada y centrada sobre el punto, y debe verificarse antes y después de cada observación.
- La altura del centro de fase de la antena con respecto al mojón debe medirse, antes y después de cada sesión.
- Duración de épocas a captar: ente 1 y 15 segundos máximo.
- Los datos deben pasar la prueba de prueba Chi-Cuadrado o F (95%), con niveles de confianza mayor o igual al 95%.
- Los datos deben pasar las pruebas que evalúan la calidad de cada punto con nivel de confianza mayor o igual al 95%.
- Se debe elaborar un diagrama de obstáculos para cada vértice posicionado.

2.3 TRAZADO DE POLIGONALES

En caso de requerir poligonal, se podrá realizar el trazado empleando estación total o equipo GNSS RTK; Los vértices de la poligonal deberán materializarse con mojones en concreto que se denominarán Deltas-BMs y deberán estar numerados consecutivamente de acuerdo con la poligonal y se identificarán como D-BM-#. Se materializarán de 10 cm x 10 cm o en forma cilíndrica de 4” de diámetro y profundidad de 30 cm, con un tornillo de cabeza redonda y arandela donde se marcará en bajo relieve su respectiva numeración. Estos puntos cumplirán doble función para el amarre horizontal y el amarre vertical. En zonas abiertas se instalará una estaca testigo, cuando no se encuentren árboles, rocas o elementos cercanos, donde se marcará el número del D-BM-# correspondiente.

2.3.1 POLIGONAL CON ESTACIÓN TOTAL

ERRORES QUE INFLUYEN EN LA PRECISIÓN DE LAS POLIGONALES

En el trazado de poligonales se presentan circunstancias asociadas a los tipos de errores que influyen y que afectan la precisión de estas, como las siguientes:

4. Errores Naturales: ocasionados por factores como lo es el clima, (variaciones del viento, temperatura humedad y refracción). El principal factor de error en zonas de baja altura

es la refracción, producido por las altas temperaturas. Este fenómeno distorsiona el objeto visado (bastón) y no permite realizar lecturas apropiadas.

5. Errores instrumentales: a pesar de que los equipos se encuentren debidamente certificados estos tienen un margen de error de acuerdo con su precisión de fábrica.

6. Errores aleatorios:

    - Las causas del error aleatorio se deben al operador, falta de agudeza visual, descuido, cansancio, alteraciones emocionales.
    - método o procedimiento con que se efectúa la medición, falta de un método definido y documentado.
    - Distancias medidas demasiado largas que sobrepasan los 300 metros.
    - No se realiza iteración de ángulos y distancias.

Si se realiza poligonal con estación total, se debe utilizar uno de los dos métodos siguientes:

- **Poligonal cerrada:** partiendo de una pareja de vértices posicionados con GNSS se cierra a los mismos puntos. Aplica únicamente para proyectos cortos y que cuentan con un solo par de placas.

- **Poligonales del modo punto a punto:** es decir, abiertas geométricamente, pero cerradas analíticamente, lo que permite realizar cierres angulares y en distancia para calcular la precisión de cada una de ellas. Inician en una pareja de vértices GNSS y se cierran a otra pareja de vértices GNSS de la misma red de alta precisión. Aplica para proyectos que requieren la materialización de placas al inicio y final de cada tramo.

Se deben realizar un mínimo de dos series en directo y en inverso, es decir, mínimo cuatro lecturas de ángulos horizontales y verticales e igual número de distancias atrás y adelante, con el objeto de establecer los ángulos y las distancias más probables en cada estación.

Para el trazado de poligonales se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

h. Los valores de distancia entre deltas de la poligonal deben ser tomados con equipo de medición electrónica, atrás y adelante, de acuerdo con el número de series angulares, según lo establecido en la NTC-6271.

i. Todas las mediciones angulares de los vértices de las poligonales deben realizarse en posición directa e inversa, para eliminar los posibles errores (Regla de Bessel). Estas mediciones deben quedar registradas en la memoria de la estación total.

j. La precisión de las poligonales deberá ser igual o superior a 1:20.000.

k. Se debe utilizar trípode para los bastones. Para distancias menores a 100 metros es necesario el uso de plomada, para las lecturas de ángulo horizontal.

l. En zonas con alturas próximas al nivel del mar, se debe evitar las altas temperaturas del medio día, por esto, se recomienda realizar las lecturas dentro del siguiente horario: 6:00 a.m. a 10 a.m. y en la tarde de 2:00 p.m. a 6:00 p.m., sin embargo, a criterio del Topógrafo y de acuerdo con las condiciones del día de observación, estos horarios se pueden reducir.

m. Los equipos deben estar bien calibrados y contar con el certificado de calibración dentro de una vigencia de seis (6) meses.

n. Se recomienda realizar el procesamiento de la información en software especializado de Topografía que acepte y procese la iteración de ángulos y distancias, además, que calcule proporcional a las proyecciones o por mínimos cuadrados.

o. En la memoria de la estación total deben quedar almacenados todos los datos crudos de los deltas que componen la poligonal (Ángulo Horizontal, Ángulo Vertical, Distancia Inclinada, Distancia Horizontal, acimut, Coordenada Norte y Coordenada Este).

p. Solo se exceptúa el uso de poligonal, cuando el trabajo que se vaya a efectuar solo necesite realizar el método de radiación topográfica desde los vértices previamente posicionados, calculados y ajustados.

q. Se permite a partir de los vértices de la poligonal del proyecto, establecer auxiliares; en ningún caso se permitirá localizar un auxiliar a partir de otro auxiliar.

Las especificaciones técnicas de precisión serán:

- Precisión en distancia ≥ 1:20.000.
- El error angular permitido (e)

$$e = 5'' * n$$

En donde:

e = Error angular permitido.
n = Número de vértices de la poligonal.

- Sumatorias teóricas en poligonales de circuito:

$$\sum ang.Internos = (n - 2) * 180$$
$$\sum ang.Externos = (n + 2) * 180$$

En donde:
n = Número de lados o ángulos en el polígono.

- Para poligonales punto a punto el error de cierre estará definido por la siguiente expresión:

$$Az1 + \sum_{a+1}^{n} + (180 * n) - (360 * n) - Az2 = 0$$

En donde:

Az1 = azimut de partida.
n = número de vértices.
Az 2 = azimut de llegada.

2.3.2 POLIGONALES RTK (REAL TIME KINEMATIC)

Se podrá realizar la determinación de poligonales usando equipos GNSS RTK, siempre y cuando se cumplan las siguientes consideraciones:

g. La poligonal base será determinada desde vértices GNSS que cumplan los lineamientos de georreferenciación establecido en este documento.
h. Los vértices definidos como deltas se materializarán en zonas despejadas, garantizando la intervisibilidad con el punto anterior y con el punto siguiente, garantizando así, que sean puntos que se puedan utilizar con estación total.
i. La antena base debe estar nivelada y centrada con trípode sobre el punto GNSS. La antena Rover se debe posicionar sobre los puntos a determinar con ayuda de bípodes o trípodes para garantizar su precisión.
j. Se debe garantizar que las poligonales definidas por este sistema, se encuentren en zonas abiertas, libres de vegetación alta u obstáculos que impidan la adecuada recepción de la señal de los satélites.
k. Los equipos GNSS RTK permiten establecer tres tipos de solución: fijo, flotante y autónomo; cada una de estas soluciones determina un grado de precisión distinto y es ajustable por el usuario; para la determinación de las poligonales se aceptará únicamente la solución FIJO, que se establecerá en un (1) cm para la precisión horizontal y dos (2) cm para la precisión vertical; solamente cuando el equipo indique que se estableció este tipo de solución el punto podrá ser almacenado.

l. La poligonal base partirá de un punto de la primera pareja de vértices GNSS en el inicio de cada tramo, donde se instalará el equipo base y con el equipo Rover se determinarán los deltas de poligonal hasta una longitud aproximada de 1.5 km; luego se armará el equipo base en la siguiente pareja de puntos GNSS y se determinarán los deltas restantes de la poligonal, es decir 1.5 km hacia atrás. En el proceso de determinación de las coordenadas y cotas de cada poligonal, se deben definir 2 vértices en común, levantados desde las 2 bases, para compararlos y establecer las diferencias en coordenadas y cotas. Las diferencias obtenidas deben ser de máximo 4 cm y se debe suministrar cuadro comparativo de los deltas levantados desde las 2 bases.

m. Se debe entregar el archivo crudo con la información registrada y el cuadro de coordenadas y cotas de los deltas BMs de la poligonal.

Nota: las poligonales realizadas con sistemas GNSS RTK, deben ser comprobadas con el mismo sistema, puesto que los resultados obtenidos son absolutos, los chequeos con estación total pueden variar en función de los ángulos y distancias; la comprobación con estación total se debe realizar en la totalidad de la poligonal, saliendo de una pareja GNSS y cerrando en la siguiente pareja GNSS.

2.4 ALTIMETRÍA

Para hacer el amarre vertical se determinarán los NP's del IGAC disponibles a lo largo del proyecto y a partir de estos se establecerá la metodología para corregir el error vertical de las nivelaciones.

Donde no se cuente con cobertura de NP's de la Red de Nivelación Geodésica Nacional, se podrá trasladar cota a los vértices GNSS, mediante el proceso de posicionamiento, calculando la cota ortométrica apoyados con el modelo geoidal GEOCOL 2004 o el más reciente.

Se realizará el amarre vertical a los vértices GNSS y deltas de poligonal, mediante nivelación geométrica de precisión, con su correspondiente contra nivelación, realizando los cierres a los NPs del IGAC o a las cotas ortométricas de los puntos GNSS.

Todos los circuitos de nivelación deben ser cerrados con contra nivelación y el error máximo admisible en metros corresponde a ±0.008 por kilómetro. Debe tenerse en cuenta la siguiente fórmula:

$$Error\ maximo\ en\ metros = \pm 0.008\ m * \sqrt{(\mathrm{D})}$$

Donde D es la distancia en Km.

El error de cierre se debe determinar en los puntos NP del IGAC o en los puntos GNSS y ajustar las cotas a los puntos que cumplan con el error de cierre o descartarlos hasta el siguiente que cumpla.

En caso de utilizar nivel electrónico se deben presentar los archivos crudos producto de la nivelación, los cuales deben incluir: marca, modelo, número de serie del equipo y las observaciones (lecturas) vista atrás, vistas al frente e intermedias.

Con la determinación de las poligonales, se deben calcular cotas trigonométricas (ET) o cotas ortométricas (RTK) que para efectos de control de calidad se deben comparar con las cotas geométricas y presentar cuadro de resultados.

2.5 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Los levantamientos topográficos se realizarán con topografía convencional Estación total o RTK, garantizando los resultados para una precisión a escala 1:1.000.

Una vez se apruebe por parte de la Interventoría el posicionamiento GNSS, la poligonal debidamente ajustada y verificada, en sus componentes X, Y, y la nivelación con cota geométrica, se procede con la toma de los detalles en el área que abarque la zona afectada y área de influencia adyacente, capturando la totalidad de los elementos, necesarios para el desarrollo del proyecto y para cada una de las especialidades requeridas, proceso realizado mediante radiación simple con estación total o sistema GNSS RTK.

Se identificarán y levantarán todos los rasgos relevantes del sitio como discontinuidades, discordancias y fallas, escarpes de deslizamiento, grietas, áreas de reptación, manantiales, vegetación y demás características y detalles importantes para el estudio de la zona.

La totalidad de los elementos contenidos en el área de influencia del proyecto tendrán los componentes punto, nomenclatura del punto, descriptor, bloque del punto (si requiere) y componente espacial X, Y, Z.

Se deberá indicar todo tipo de corrientes de agua existentes en la zona y la posición de la corona, sus flancos, pata y los escarpes principales y secundarios.

Los sondeos que se realicen para el programa de investigación geotécnica deberán quedar georreferenciados. Las especialidades encargadas del estudio del sitio inestable o punto crítico definirán los puntos requeridos para el control topográfico de seguimiento del fenómeno, y estos deberán ser materializados con mojones de concreto y georreferenciados con el mismo sistema de coordenadas y cotas geométricas del proyecto. El Consultor e Interventoría definirán la periodicidad con la que se debe realizar el seguimiento topográfico a los puntos materializados.

Se deberán definir las obras adicionales requeridas tales como zanjas de coronación, cunetas filtros, drenes horizontales, etc., que garanticen un adecuado manejo de las aguas superficiales y subsuperficiales y las obras de contención requeridas como muros, anclajes, pernos etc. con los cuales se tendrá la estabilidad deseada y se puedan establecer cantidades de obras.

En la cartera de campo se especificará en forma muy detallada el gráfico aproximado del área de trabajo, anotando en ella nomenclatura, cercas, encoles, descoles, obras de drenaje, muros y su descripción, superficies de taludes y demás infraestructura.

Las carteras de topografía contendrán dibujadas la mayor información del terreno, para poder orientar en forma adecuada los trabajos de oficina.

Se tomarán secciones en todos los cruces mayores y menores de agua donde se definan obras de alcantarillas y puentes y otros que tengan incidencia en el trazado, para poder definir las soluciones más convenientes. Estas se realizarán en el área definida por el especialista hidráulico en conjunto con interventoría.

Para el diseño del eje en corte a media ladera, en los casos donde se diseñe muros de contención, se deberá tomar topografía en detalle.

Se tomará topografía detallada en zonas donde se presenten sitios potencialmente inestables de la ladera, para que los especialistas realicen el prediseño de la solución que corresponda; el área deberá ser determinada juntamente con la Interventoría.

Se debe tener en cuenta que la tecnología RTK tiene limitaciones en zonas donde la vegetación u otros elementos obstaculizan la señal de los satélites, por lo que, el uso de estos equipos queda limitado a zonas despejadas. Para la captura de puntos se aceptará únicamente la solución FIJO, que se establecerá en un (1) cm para la precisión horizontal y dos (2) cm para la precisión vertical; solamente cuando el equipo indique que se estableció este tipo de solución, el punto podrá ser almacenado. Las zonas en las que RTK presente limitaciones, la información se deberá complementar con estación total.

2.6 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN FOTOGRAMÉTRICA CON DRON

Se realizará el levantamiento de información fotogramétrica con el fin de obtener la ortofoto del sitio de estudio, que servirá como referencia para las diferentes especialidades.
El uso de información fotogramétrica se podrá emplear como complementación a la topografía, únicamente en zonas inaccesibles para la toma de detalles con topografía convencional. Se debe tener en cuenta que el levantamiento fotogramétrico, tiene limitaciones en zonas con vegetación alta, por lo que, el uso de estos equipos queda limitado a zonas despejadas y con baja vegetación.

La toma de información mediante el uso de vehículos no tripulados - drones o UAV (Unmanned Aerial Vehicle), debe cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- ✓ Distancia Focal: 20 mm que brinde una cobertura de 94°.
- ✓ Altitud de Vuelo máx.: 120 metros.
- ✓ Cámara fotográfica mínima de 12 Mpx.
- ✓ sistema de posicionamiento GPS o GNSS integrado.
- ✓ sistema de estabilización aérea.
- ✓ controlador de vuelo.
- ✓ La aeronave deberá estar debidamente registrada ante la Aeronáutica Civil Colombiana de conformidad con la Resolución 04201 de 2018.

ORTOFOTOGRAFÍA

La imagen capturada debe tener como mínimo 20 m de sobreancho del corredor o polígono objeto de estudio. La Fotografía debe tener una escala constante y propiedades de una proyección ortogonal, formada a partir de una fotografía en proyección central mediante rectificación diferencial. En la ortofotografía los objetos deben ocupar sus posiciones horizontales reales. La ortofotografía debe cumplir como mínimo con las siguientes características técnicas:

- ✓ Imágenes métricas RGB de los polígonos de trabajo con una resolución espacial GSD de 5 cm / PIX.

- ✓ Resolución radiométrica mejor o igual a 8 bit por píxel.
- ✓ La densidad de los puntos de control debe garantizar las precisiones requeridas y la distribución de estos debe ser homogénea y depende de la geometría del área del proyecto y la topografía de la zona.
- ✓ Los puntos de control deben ser determinados con los requerimientos exigidos en el presente documento para la georreferenciación de los levantamientos topográficos y/o para el levantamiento planimétrico y altimétrico.
- ✓ La altura de los puntos de control debe ser determinada con nivelación geométrica de precisión.
- ✓ Las imágenes se deben tomar con líneas de vuelo previamente establecidas por el contratista y aprobadas por interventoría.
- ✓ Las imágenes deben ser capturadas con un recubrimiento longitudinal mínimo del 70% y un recubrimiento lateral mínimo del 50%, con el fin de eliminar zonas con oclusiones.
- ✓ La altura de vuelo máximo será de 120 metros.

Los vuelos deben realizarse contando con los permisos requeridos para este tipo de trabajos en el país. Todos los permisos y trámites necesarios para la realización de los vuelos son responsabilidad del Consultor.

Los pilotos de aeronaves no tripuladas deben contar con diploma vigente de piloto de drone expedido por una institución aprobada por la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil – UAEAC.

Las aeronaves no tripuladas deben contar con la certificación de inclusión vigente en la base de datos RPAS de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil.

2.7 INSPECCIÓN DE REDES

2.7.1 REDES HÚMEDAS

Apoyados con los planos producto del levantamiento topográfico, se realizará la revisión de la infraestructura de cada una de las redes de alcantarillado, identificando los pozos, sumideros, alcantarillas, colectores de aguas lluvias, aguas negras o combinados y demás estructuras que considere la especialidad de hidráulica.

La inspección de redes se realizará con herramienta menor, asumiendo una nomenclatura única relacionada a la obra o estructura inspeccionada, las coordenadas Norte, Este y Cota se tomarán del levantamiento topográfico, el cual está ligado a coordenadas y cotas reales; en cada investigación quedará consignado un registro fotográfico, que se entregará como soporte en el informe, junto con el formato de inspección, que contemplará entre otras cosas:

- Georreferenciación.
- Diámetros.
- Materiales.
- Cota Rasante.
- Cotas Claves.
- Cotas Batea.
- Estado.
- Esquema de localización, conexiones y sentidos de flujo.

2.7.2 REDES SECAS

Apoyados con los planos producto del levantamiento topográfico, se realizará la revisión de la infraestructura de redes secas, identificando cajas de energía, cámaras de energía, números de ductos y demás estructuras que considere la especialidad de redes secas.

La inspección de redes se realizará asumiendo una nomenclatura única relacionada a la estructura inspeccionada, las coordenadas se tomarán del levantamiento topográfico, el cual está ligado a coordenadas reales; en cada investigación quedará consignado un registro fotográfico, que se entregará como soporte en el informe, junto con el formato de inspección, que contemplará entre otras cosas:

- Georreferenciación.
- Dimensiones.
- Materiales.
- Número de ductos.
- Esquema de localización y conexiones.

2.8 MODELO DIGITAL DE TERRENO

Un Modelo Digital del Terreno (MDT) es la representación simplificada de la topografía del terreno (las alturas sobre el nivel del mar). Para ello se considera que las elevaciones forman una superficie tridimensional ondulada, en la que dos dimensiones se refieren a los ejes de un espacio ortogonal (X, Y), y la tercera mide la "altura" (Z). Por ello, se suele hablar de representaciones gráficas con dos dimensiones.

El producto digital de las zonas levantadas contará con las componentes (X, Y, Z), que permita la generación de un modelo digital de terreno, este se determinara con todos los puntos levantados sobre la superficie y los elementos levantados como bordes y ejes de vía, sardinel, separadores, canales, cunetas, corona y pata de taludes y otros que serán incluidos en el modelo como líneas de quiebre (breaklines).

El modelo digital de terreno debe proporcionar la suficiente información para generar perfiles longitudinales y secciones transversales del terreno, como mínimo cada diez metros.

2.9 PLANOS

Los planos topográficos del proyecto deben contener la representación de todos los objetos del polígono de estudio, en coordenadas X, Y, con alturas derivadas de la nivelación geométrica de control, a la escala y separación de curvas de nivel aprobadas por la interventoría, usando el comando 3Dpoly en las líneas continuas tales como andén, borde vía, ejes, paramentos, etc., debidamente georreferenciados y con las alturas correspondientes, las curvas de nivel procesadas con la información tomada directamente del terreno, nube de puntos, al igual que el modelo TIN o modelo digital de terreno, todo presentado en formato digital DWG.

El Consultor deberá elaborar los planos requeridos para el proyecto, considerando como mínimo lo siguiente:

- ✓ PLANOS TOPOGRÁFICOS

  - Trazado de Poligonal.
  - Ubicación de Deltas-BMs.
  - Cuadro de Coordenadas y cotas corregidas de cada vértice.
  - Puntos Levantados: representación de cada uno de los puntos levantados a lo largo del proyecto.
  - Acotaciones y nomenclaturas.
  - Escala gráfica y Escala numérica.
  - Los planos se presentarán a escala 1:200 o 1:500.
  - Grilla.
  - Fecha de elaboración.
  - Tabla de modificaciones.
  - Cuadro de convenciones.
  - Norte geográfico.
  - Título de proyecto y contenido.
  - Especialistas de interventoría, Consultoría y Entidad contratante.
  - Curvas de nivel entre uno y cinco metros, conforme a la pendiente del sitio a representar.

Se presentarán planos en planta de acuerdo con las condiciones topográficas del proyecto, en físico en formato PDF con firma del profesional y en archivo magnético en formato .dwg o compatible.

- ✓ SECCIONES TRANSVERSALES

Se presentarán planos de las secciones transversales de los cruces mayores y menores de agua, de las áreas definidas por la especialidad de hidráulica en archivo magnético en formato .dwg o compatible.

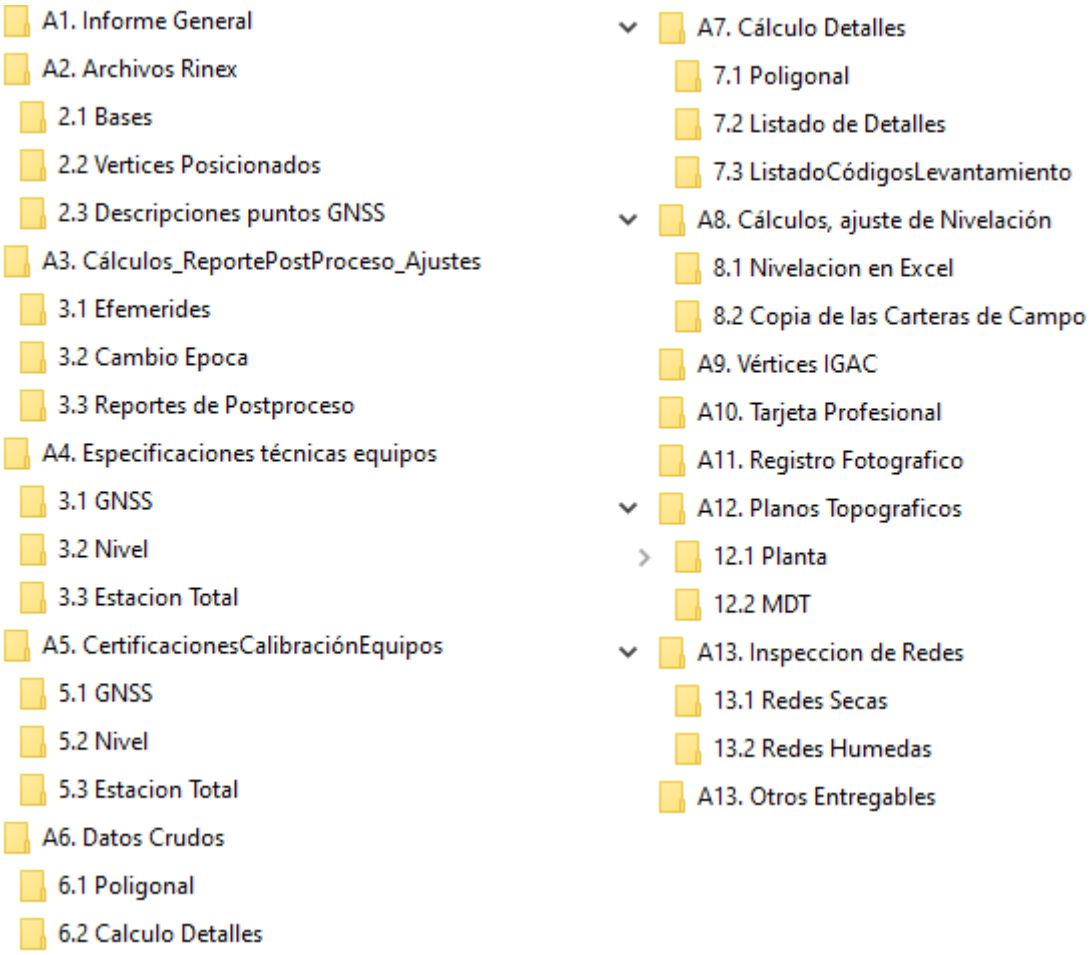
El Consultor deberá elaborar los planos, considerando como mínimo lo siguiente:

PLANOS SECCIONES TOPOGRAFICOS

- Secciones transversales a escala.
- Título de proyecto y contenido.
- Cuadro de modificaciones.
- Especialistas de interventoría y Consultoría y Entidad contratante.
- Escala numérica.
- Grilla.
- Fecha de elaboración

2.10 ESTRUCTURA DE CARPETAS Y ENTREGABLES

El informe de estudios topográficos debe ser presentado con la siguiente estructura de carpetas:



CAPÍTULO 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Consultor deberá hacer entrega de un documento de la metodología para la elaboración de los estudios topográficos y presentarla a interventoría para su aprobación.

Los levantamientos topográficos deben cumplir con las precisiones y requisitos establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 6271.

La precisión que se requiere para la toma de información topográfica del terreno para esta etapa del proyecto exige que los datos se tomen con Topografía convencional, a fin de tener la realidad del terreno lo más fiel posible y que los estudios y diseños que dependen del estudio topográfico, se elaboren sobre una base con alta precisión y nivel de detalle.

Se puede realizar combinación de tecnologías, estación total y RTK, teniendo en cuenta que esta última ofrece altos rendimientos en zonas abiertas, pero, presenta limitaciones en zonas boscosas y en terrenos con altas pendientes en puntos bajos. Por esto, se debe contemplar la complementación en dichas zonas donde RTK no es efectivo, tomando la información con estación total.

4.2. VOLUMEN II. ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

Para el desarrollo del Informe de ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PUNTOS CRÍTICOS del presente volumen de manera general debe considerar como mínimo los siguientes capítulos:

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES
CAPITULO 2. METODOLOGÍA
CAPITULO 3. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA Y PRIMARIA
CAPITULO 4. PROYECCIONES DE TRÁNSITO
CAPITULO 5. ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
CAPITULO 6. PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO GENERAL
CAPITULO 7. ELABORACIÓN DE ESTUDIOS TOPOGRÁFICO
CAPITULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
ANEXOS DE LOS ESTUDIOS

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo del Estudio de Tránsito, Capacidad y Niveles de servicio es estimar el tránsito existente y futuro insumo base del diseño del pavimento; además, junto con la estimación de la capacidad y niveles de servicio para permite valorar la adaptabilidad a la demanda esperada para el año establecido como horizonte del proyecto:

- Determinar la demanda de tránsito actual para el período establecido como horizonte del proyecto, junto con su composición vehicular, mediante información primaria de campo, complementada con información secundaria existente del INVÍAS, estudios previos para la misma vía; relacionada con el TPD, y otros datos de tránsito, que permitan establecer valores actualizados en las proyecciones de este.
- Llevar a cabo los estudios de campo, aforos vehiculares, como complemento de la información existente y para cumplir con el objeto del estudio.
- Realizar el pronóstico del tránsito (tránsito existente, atraído y generado) para un determinado periodo de diseño con el fin de determinar las características geométricas del proyecto.
- Determinar el Tránsito Promedio Diario (insumo para el diseño de pavimentos) y de las proyecciones de tránsito para un periodo de 20 años, además de proporcionar las bases y parámetros para el diseño de la reconstrucción o refuerzo del pavimento.
- Definir el tipo de proyecto y facilitar la adopción de los parámetros de diseño para el diseño de pavimentos.
- Efectuar los estimativos de capacidad y niveles de servicio, y examinar su consistencia con la demanda máxima proyectada para el período establecido como horizonte del proyecto y en las especificaciones de diseño geométrico del INVÍAS, en caso de requerirse.
- Identificar y analizar los posibles conflictos entre los diferentes actores del corredor y/o sitio de interés (peatones, bici usuarios, vehículos). Así mismo, se deberán plantear las soluciones que garanticen la movilidad y seguridad vial de todos los usuarios, y a su

vez, las recomendaciones técnicas, que le permitan al INVÍAS contratar su ejecución sin ningún contratiempo.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

El Consultor deberá definir la Metodología para el desarrollo del Estudio, documento que se deberá entregar al inicio del Estudio a la Interventoría para su aprobación; y en el cual, se detalla la información secundaria y/o primaria (en caso de requerirse) con que se realizará el estudio y los trabajos de campo.

En este capítulo se debe describir la metodología empleada para la recopilación y análisis de información secundaria, y para la toma de información de campo. Así mismo, se deben presentar los principales análisis de resultados: volúmenes vehiculares por días de la semana, distribución por tipo de vehículo, distribución direccional y comportamiento horario del tránsito, entre otros, para los aforos vehiculares, según sea el caso se debe incluir: tipo de vehículo, tipo y/o número de ejes del camión.

Es importante tener en cuenta que las metodologías para estudios y diseños de proyectos viales imponen la necesidad de efectuar retroalimentaciones permanentes entre los distintos campos y especialidades de la ingeniería y de otras disciplinas, que intervienen en el diseño integral de un proyecto. Solo esta intercomunicación oportuna durante el período de análisis permite la juiciosa validación y consistencia de los parámetros que se adoptan en el diseño y del conjunto de variables que se derivan.

La metodología propuesta deberá comprender los insumos o retroalimentaciones permanentes entre los distintos campos y especialidades de la ingeniería y de otras disciplinas, que intervienen en el diseño integral del proyecto.

CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA Y PRIMARIA

En relación con el marco normativo, el Consultor debe valorar todo el conjunto de normas, leyes y manuales para este tipo de proyectos en Colombia.

El Consultor deberá remitirse a la información de tránsito promedio diario existente en el INVÍAS, o a otros estudios semejantes que se hayan elaborado para esta vía, como referente de análisis del TPD del proyecto.

En cuanto a la información secundaria que se obtenga para el desarrollo del estudio, ésta será revisada, seleccionada, clasificada, analizada 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. Toda la información secundaria deberá ser estudiada y avalada de común acuerdo con la Interventoría del contrato.

Basados en los datos obtenidos de la recolección de información existente en cuanto a conteos de tránsito, el Consultor complementará los estudios trabajando en este caso con información primaria adicional de campo. Para este caso de puntos críticos del estándar de la vía, la información existente de

tránsito promedio diario se complementará con los aforos vehiculares que permitan su posterior expansión y asignación, los cuales se deben hacer como mínimo durante dos (2) días típicos de la semana y uno (1) o dos (2) días atípicos de fin de semana (sábado y/o domingo) en el corredor existente y en la zona de influencia del proyecto, en periodos de 16 horas consecutivas. No obstante, se deberá plantear al menos una estación maestra de 24 horas consecutivas, con fines a realizar la expansión y asignación de los demás volúmenes de tránsito.

Toda la información primaria deberá ser estudiada y avalada de común acuerdo con la Interventoría del contrato. Para la información primaria a recolectar se podrá utilizar aplicaciones tecnológicas de última generación que redunden en el mejoramiento de la calidad respecto de las metodologías tradicionales. La planeación y metodología de los aforos de tránsito debe ser examinada y propuesta incluyendo elementos como la selección de los puntos, formatos a utilizar, registros de información, equipos de conteo y capacitación de encuestadores y aforadores.

La información de campo para aforos se registrará en formatos en periodos de una hora, clasificándolos de acuerdos con el tipo de vehículos (livianos, buses y camiones, motocicletas, peatones, bicicletas, etc), en el caso de camiones se discriminará por número de ejes (C-2 pequeño, C-2 grande, C-3, C-4, C-5 y mayor a C-5). Para el caso de proyectos suburbanos en donde el componente de motos, bicicletas y peatones sea significativo, los mismos deberán cuantificarse en estos conteos, (equivalencias ver tabla siguiente).

Tabla 1. Factores de equivalencia para diferentes vialidades.

TIPO DE VEHÍCULO	AUTOMOVILES DIRECTOS EQUIVALENTES (ade)	
	CARRETERAS[1]	GLORIETAS
Bicicletas	0,50	0,50
Motocicletas	1,00	0,75
Automóviles, taxis, vehículos comerciales livianos	1,00	1,00
Buses	3,00	2,80
Vehículos comerciales medianos y pesados, vehículos de tracción animal	3,00	2,80

(1) También aplican para secciones de entrecruzamiento en intersecciones a desnivel

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del INVÍAS.

En el caso que el proyecto contemple la opción de túneles se deberá realizar un muestreo para identificar modelos de los vehículos y tipo de combustible utilizado, información que permitirá diseñar los ductos de ventilación. La equivalencia de motos se determinará, con la anterior tabla o la que se encuentre vigente a la fecha de la elaboración de los estudios y diseños.

En puntos generadores identificados en el corredor, se evaluará la conveniencia de realizar aforos peatonales y de ciclousuarios.

La información primaria reflejará las tendencias de uso, la satisfacción y percepción de los usuarios y permitirá realizar una descripción y análisis de la situación actual del proyecto.

Para la información primaria a recolectar se podrá utilizar aplicaciones tecnológicas de última generación como contadores electrónicos, filmaciones de video o cualquier dispositivo electromecánico que permite el conteo y clasificación de vehículos y que redunden en el mejoramiento de la calidad respecto de las metodologías tradicionales, siempre y cuando permita el 95% de confiabilidad. La planeación y metodología para la toma de aforos de tránsito debe ser examinada y propuesta con todos sus elementos incluyendo la selección de los puntos de toma de información, formatos a utilizar, registros de información, equipos de conteo y capacitación de aforadores.

Toda la información primaria utilizada para el desarrollo del estudio deberá ser estudiada y avalada de común acuerdo con la Interventoría del contrato.

CAPÍTULO 4. PROYECCIONES DE TRÁNSITO

Para realizar el pronóstico del tránsito se debe partir de las características específicas de cada proyecto, es decir con la revisión del tipo y escala del proyecto, especificando su categoría como local, zonal o regional. De acuerdo con la longitud del proyecto se requerirá caracterizaciones por tramos homogéneos para un mayor detalle del Estudio. El cálculo de volúmenes vehiculares debe incluir la determinación del tránsito existente, atraído y el tránsito generado; este último teniendo en cuenta la construcción de este proyecto, así como, otros proyectos de infraestructura que se desarrollen en la zona y que puedan influir en este cálculo.

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- por tipo de vehículo.

Para poder proyectar el tránsito se debe definir las tasas de crecimiento vehicular a utilizar partiendo del comportamiento de las series históricas de conteos del INVÍAS en comparación con otros indicadores económicos de crecimiento, ya sean del crecimiento poblacional, del parque automotor y del producto interno bruto, nacional y regional.

Al utilizarse las series históricas de los registros de conteos de INVÍAS, será necesario verificar su confiabilidad y efectuar un análisis estadístico completo siguiendo los lineamientos establecidos en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del INVÍAS. También podrá utilizarse programas o Software estadístico y de tránsito, parametrizado de común acuerdo con la Interventoría, en cuyo caso el Consultor entregará al INVÍAS los resultados debidamente interpretados.

La selección y adopción de modelos de proyección se determinará luego de evaluar taxativamente la situación particular planteada por el proyecto propuesto. De todas maneras, aunque específicamente no se recomienda ningún modelo en particular para efectuar las proyecciones, podrán emplearse varios tipos de modelos; desde los más sencillos hasta aquellos que conllevan una mayor elaboración matemática o estocástica, según convenga al proyecto. Dada la complejidad de predecir el futuro, se recomienda generar como mínimo dos escenarios de crecimiento, uno optimista y uno moderado; así mismo, realizar un *análisis de*

sensibilidad de los resultados ante cambios en las principales variables que influyen en el pronóstico del tránsito relativo, tránsito atraído, tránsito generado y la tasa de crecimiento.

Las proyecciones de tránsito se realizarán para el año base y los escenarios considerados a 5, 10, 15 y 20 años, partiendo del comportamiento de series históricas de conteos del INVÍAS en comparación con otros indicadores económicos de crecimiento, ya sean del crecimiento poblacional, del parque automotor y del producto interno bruto, nacional y regional. Esta información será insumo para el determinar el "número de ejes equivalentes" y la distribución por tipo de vehículos pesados, para establecer la estructura del pavimento de la vía nueva o para la ampliación de vías.

CAPÍTULO 5. ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

Con base principalmente en los resultados de la cuantificación del tránsito y en las especificaciones de diseño geométrico del INVÍAS, así como en otras condiciones, se procederá a efectuar un análisis de la capacidad de la vía, tanto para el momento que se contemple su entrada en servicio, hasta el año que se estime como final de la vida útil del proyecto, en períodos de 5 años para conocer la gradualidad de las necesidades de nuevas intervenciones orientadas a garantizar el nivel de servicio definido para el proyecto.

El análisis de "capacidad" y "niveles de servicio" deberá realizarse no sólo para el tramo crítico de la vía, sino también para una sección típica de la misma. Para la estimación de estos, deberán utilizarse los manuales vigentes del INVÍAS o extranjeros, particularmente el Highway Capacity Manual (HCM), debidamente calibrados a las condiciones propias del país, en cuanto a composición vehicular y topografía principalmente; definiendo conjuntamente con la Interventoría los parámetros necesarios o "datos de entrada".

Es necesario interactuar en el estudio de los temas de "capacidad" y "nivel de servicio" con el apoyo del especialista en trazado geométrico, profesional que posiblemente propondrá con su experiencia criterios para establecer o definir el nivel de servicio deseado de acuerdo con la jerarquía del proyecto dentro de la red vial nacional y sus condiciones y características topográficas.

Así mismo, se analizará la calidad que ofrecerá la vía durante su operación y servicio, bajo las condiciones de tránsito estimadas o proyectadas, aplicando los criterios o los elementos fundamentales para evaluar el "nivel de servicio" en condiciones de "velocidad de flujo libre o continuo", como son la velocidad y la relación entre el "Volumen de Demanda" o "Intensidad de Demanda" y la "Capacidad" (V/C o I/C).

En aquellos lugares en donde se presente intersecciones importantes con vías de jerarquía similar, o se prevean conflictos de tránsito que puedan inducir riesgo de accidentalidad, tales situaciones deberán modelarse, con el objeto de identificar el tipo de intersección a utilizar, a nivel o desnivel. En todos los casos la determinación de los "niveles de servicio" de obras complementarias o adicionales, en comparación con el "nivel de servicio" establecido, permitirá generar la eventual gradualidad del proyecto

Se considerarán los diferentes factores que afecten o influyan en la capacidad y servicio de las obras adicionales o complementarias; características de los vehículos, tipo de operación, condiciones de la vía, efectos climáticos, y otros; o aquellos referentes a la circulación, sección transversal, pendiente, velocidad, visibilidad, entre otros. Se investigará específicamente los máximos volúmenes observados, la distribución direccional, la composición del tránsito y las fluctuaciones del tránsito en el tiempo.

El análisis deberá suministrar resultados y recomendaciones que permitan verificar las características geométricas óptimas del proyecto, en forma tal que atienda un volumen de tránsito (incluido peatonal y de bici usuarios) correspondiente al nivel de servicio establecido.

La interacción de los especialistas de tránsito, diseño geométrico y/o urbanismo y pavimentos permitirá realizar otros estudios que pueden medir la eficiencia de la vía diseñada o proyectada, como por ejemplo los análisis de consistencia de velocidad cuando se conozcan los diseños propuestos, las facilidades para peatones y de ciclousuarios, carriles exclusivos para motos, entre otros.

CAPÍTULO 6. PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO GENERAL

El Plan de Manejo de Tránsito General (PMTG) deberá diseñarse de acuerdo con los lineamientos contenidos en la Manual de Señalización Vial vigente, conforme al impacto generado por las obras y las zonas aledañas a éstas, con el propósito de brindar un ambiente seguro, ordenado, ágil y cómodo a los conductores, pasajeros, ciclistas, peatones, personal de la obra y vecinos del lugar, en cumplimiento a las demás normas establecidas para la regulación del tránsito a nivel nacional.

El diseño del Plan de Manejo de Tránsito General (PMTG) permitirá establecer el presupuesto posterior a llevar a cabo durante la construcción propia del proyecto.

El PMTG debe contemplar las zonas aledañas al proyecto, que contemple la red vial o desvíos que se llegase a necesitar para la construcción. Igualmente, deberá cuantificar las cantidades de señalización y estimar un presupuesto que incluya las propuestas del manejo de tránsito de acuerdo con las categorías de los trabajos y en las zonas aledañas al proyecto, y los desvíos necesarios para las obras.

Se deberá entregar las memorias de cálculo de los elementos que se requieran para llevar a cabo la aplicación del PMT, además de especificar el origen de las cantidades de manera que se facilite su revisión y análisis por parte de la Interventoría.

CAPÍTULO 7. DISEÑOS DE SEÑALIZACIÓN VERTICAL Y DEMARCACIÓN VIAL

A partir del análisis de seguridad vial y de la geometría de las vías existentes, se debe realizar el diseño de la señalización vertical y demarcación de las vías, de acuerdo con el Manual de Señalización Vial vigente, y se dará prioridad a la utilización de señales y paneles de información variable.

El estudio debe incluir el inventario vial y estado actual de la señalización existente, el cual debe registrar movimientos, sentidos viales, centros atractores, accesos y salidas, equipamientos y toda información relevante para realizar el diseño de señalización. Se presentarán los resúmenes de las descripciones, las dimensiones, ubicación, cantidades, características y codificación de las señales existentes.

Se incluirá un plan indicativo de señalización vial, para su implementación en la en el proyecto. Este plan identificará la información de localización de accesos y salidas, ubicación de sitios de interés como colegios, escuelas, puestos de salud y demás sitios que son sujetos de señalización, información y señalización especial en sitios críticos o de condiciones climatológicas adversas, (puentes vehiculares y peatonales, cabezotes de las alcantarillas, entre otros). Así mismo, se deberá definir un límite de proyecto para intervención, no obstante, puede ir más allá el diseño, con fines a empalmar y ser consistentes a las condiciones de la red vial existente.

Para los elementos de señalización previstos para la operación de la vía, se deberá definir las cantidades de señalización, la estimación de los costos y demás requerimientos técnicos a definirse para la intervención en puntos críticos.

CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Específicamente el Volumen Estudio de Tránsito, Capacidad y Niveles de Servicio para los estudios de puntos críticos deberá suministrar resultados y recomendaciones que permitan:

La verificación, validación y/o el ajuste de las características geométricas óptimas dispuestas para el proyecto, como se exige en el volumen correspondiente a trazado y diseño geométrico, de manera que garanticen teóricamente la administración de un volumen de tránsito que corresponda al nivel de servicio adecuado para garantizar transitabilidad que se traduce en beneficios para los usuarios de la vía representados por los ahorros en costos de operación y tiempos de viaje. De igual forma, se deberán proporcionar los criterios técnicos y recomendaciones que permitan adelantar los diseños de pavimentos.

Plantear soluciones encaminadas a la mitigación y/o atención total de las zonas de conflicto de los diferentes flujos identificados en el proyecto; garantizando que el planteamiento técnico sea seguro para todos los usuarios.

De igual forma, los resultados del Estudio de Tránsito servirán como base fundamental para los cálculos y el diseño del pavimento a construir, que conforman el Volumen del “Estudio Geotécnico para el Diseño de Pavimento”.

También el análisis de las demandas de tránsito vehicular proyectadas, junto con los criterios y parámetros adoptados en el diseño geométrico vial, permitirán la mejor elaboración del Volumen “DISEÑO DE TRAZADO Y DISEÑO GEOMÉTRICO” y “SEGURIDAD VIAL”, correlativos a la prevención de la accidentalidad, como elemento indispensable del diseño integral de una infraestructura vial.

Presentar los diseños de señalización, dispositivos de control y seguridad vial, y la estimación de cantidades para la estimación del presupuesto de la etapa de construcción.

Entrega de un Plan de Manejo de Tránsito General (PMTG) indicativo para estimar las cantidades de señalización para la construcción del proyecto, y de las obras de desvío en caso de requerirse.

Conclusiones, recomendaciones y lineamientos para la construcción de las obras y soluciones viales.

Las demás áreas técnicas como lo son diseño geométrico, seguridad vial, diseño estructural, urbanismo, entre otras, deberán aportar para la solución de los conflictos identificados.

Indicar pautas que permitan al INVÍAS planificar la gradualidad en la implementación de la infraestructura tanto para el modo motorizado como no motorizado, mediante un adecuado monitoreo periódico con seguimientos a la demanda existente por lo menos cada cinco años.

Se deberá dejar explícitamente la recomendación sobre la necesidad de actualizar los análisis y proyecciones del tránsito realizadas, en caso de que el año de inicio del proyecto sea diferente al previsto en el presente estudio.

ANEXOS DE LOS ESTUDIOS

Se deberá presentar y organizar en medio digital toda la información secundaria y/o primaria que haya sido utilizada para el desarrollo del presente Estudio. Así mismo, se deberá clasificar para fácil consulta, tanto por parte del Interventor y/o del INVÍAS, como por cualquier otra persona que se encuentre interesada en acceder a dicha información.

4.3. VOLUMEN III. ESTUDIO DE TRAZADO Y DISEÑO GEOMÉTRICO

Para el desarrollo del Informe de ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PUNTOS CRÍTICOS del presente volumen de manera general debe considerar como mínimo los siguientes capítulos:

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES
CAPITULO 2. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO
CAPITULO 3. CRITERIOS DE DISEÑO
CAPITULO 4. DISEÑO GEOMETRICO
CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
ANEXOS
ARCHIVO IFC A ENTREGAR
PLANOS
CARTERAS DEL PROYECTO Y DE REPLANTEO

CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES

1.1 OBJETIVO

El objetivo de este volumen es definir el trazado y diseño geométrico del sector crítico de la vía existente. Los sectores críticos se definen como los sitios donde se ha perdido la capacidad de la calzada de la vía existente, condición que limita el libre flujo vehicular.

Se requiere por lo tanto estudiar en campo el trazado y la geometría del sitio crítico, de acuerdo con las características geométricas de la vía existente, apoyado en el levantamiento topográfico, se buscará que el nuevo trazado cumpla con los criterios y parámetros técnicos contenidos en el Manual de Diseño Geométrico a partir del criterio de tramos homogéneos, su longitud, velocidad de diseño y radios de curvatura, pendiente máxima y mínima y otros parámetros de elementos geométricos que permitan adecuar estos sitios viales al tránsito de vehículos, garantizando condiciones de estabilidad, comodidad y de seguridad vial de los usuarios.

Adicionalmente el objetivo de este volumen es definir el trazado y diseño geométrico teniendo en cuenta los estudios de tránsito, geología, geotecnia, predial y ambientales de tal manera que se garantice la operatividad, estabilidad y sostenibilidad del corredor, en condiciones adecuadas de capacidad y niveles de servicio.

El objetivo es plantear la mejor solución técnica completamente integrada a las condiciones geométricas del tramo al cual pertenece el sitio critico de la vía existente y recuperar el corredor vial de la vía existente.

1.2 ALCANCES

- Realizar el levantamiento topográfico detallado del sitio afectado en toda su longitud incluyendo al inicio y al final una longitud de empalme con la vía existente en cada extremo de por lo menos 100 metros, incluyendo los quiebres de terreno y demás detalles topográficos que permita representar la superficie del terreno.
- Realizar las actividades de topografía, siguiendo las especificaciones y lineamientos dados, garantizando la exactitud en todos sus componentes, así como también su representación en la edición de cartografía.
- El Consultor sobre el corredor de la vía existente, deberá definir un tramo homogéneo integrado a la vía existente y al sitio critico como tal y optimizar un diseño geométrico acorde con los criterios y parámetros de la vía existente antes y después del sitio crítico en estudio, de acuerdo con los criterios y parámetros establecidos en El Manual de Diseño Geométrico del INVÍAS vigente.
- Realizar el trazado empleando herramientas como software especializado de modelación, el cual permita realizar de manera sencilla los cambios necesarios, y a su vez los actualice en el resto del diseño, además debe permitir una vista simultanea de los diseños en planta, en perfil y la sección transversal.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

El Consultor deberá definir la Metodología a emplear en el desarrollo del Estudio, documento que se deberá entregar a la Interventoría para su aprobación y en el cual, se detallará la información secundaria y primaria a emplear en el estudio, así como los trabajos de campo.

Es importante tener en cuenta que las metodologías para estudios y diseños de proyectos viales imponen la necesidad de efectuar retroalimentaciones permanentes entre los distintos campos y especialidades de la ingeniería y de otras disciplinas, que intervienen en el diseño integral de un proyecto. Solo esta intercomunicación oportuna durante el período de análisis permite la validación y consistencia de los parámetros que se adoptan en el diseño y del conjunto de variables que se derivan.

Se deberá realizar visitas de campo del personal de ingenieros encargados de la elaboración del estudio de trazado y diseño geométrico al sitio crítico, con los expertos en geología, geotecnia y demás áreas afines, con el fin de verificar la información recibida en mapas geológicos, conocer y cuantificar los posibles riesgos geológicos y establecer condiciones reales que permitan un manejo adecuado y optimizar los recursos.

CAPÍTULO 3. CRITERIOS DE DISEÑO

Teniendo en cuenta lo especificado en el Manual de Diseño Geométrico para Carreteras del INVÍAS y a buen criterio del Consultor, se deberá realizar la conceptualización del sector crítico, definiendo los criterios y parámetros a emplear, las características deseadas, los condicionantes propios del proyecto, las amenazas, la interacción con las otras especialidades, los lineamientos de infraestructura verde vial y de sostenibilidad junto con el análisis de riesgos.

3.1 CRITERIOS GENERALES

Se presentan criterios generales para tener en cuenta en actividades de atención a sitios críticos de un corredor vial existente, representados por requisitos a considerar y desarrollar en estudios de diseño vial, con el propósito de optimizar de forma simultánea numerosos aspectos para tener en cuenta; entre los que se destacan:

- **La funcionalidad**. Vendrá determinada por el tipo de vía a proyectar en el sector crítico y sus características geométricas, así como también por el volumen y propiedades del tránsito, permitiendo una adecuada movilidad a los usuarios y mercancías en tiempos de recorrido coherentes con el volumen y tipo de tráfico.
- **La seguridad vial** como condición básica por ofrecer en cualquier diseño vial.
- **La comodidad** y percepción de armonía y estética desde el punto de vista de los usuarios viales.
- **La integración con el entorno**. Respetando el medio ambiente, siendo básico la adaptación del proyecto a los contornos topográficos del corredor ocupado por el proyecto.
- **La optimización de costos.** Dirigida a obtener el menor costo posible, tanto en la ejecución de la obra como en las etapas de conservación, mantenimiento y explotación.

- **La calidad en la elaboración de los estudios** se deberá ajustar a los requisitos previstos en el Manual de Diseño Geométrico de carreteras y demás normas técnicas vigentes.

Para llegar a la mejor solución se deberá evaluar la integración de todos estos aspectos en el trazado definido por los parámetros y criterios contenidos en el Manual de Diseño Geométrico.

3.2 CRITERIOS Y PARAMETROS DE LA GEOMETRÍA

A partir de la conceptualización del proyecto se deberán plantear las premisas que debe cumplir el trazado y el diseño geométrico en planta, perfil longitudinal y sección transversal del sitio critico integrado completamente a la geometría de la vía existente.

Realizar el trazado y diseño geométrico definitivo, siguiendo los lineamientos establecidos en el Manual de Diseño Geométrico vigente, teniendo como referencia la geometría de la vía existente dando cumplimiento a los criterios y parámetros establecidos en la norma.

Se deberán establecer las características geométricas que tendrá el eje de diseño como son:

- Tramos homogéneos de acuerdo con la pendiente transversal del terreno.
- Velocidad de diseño.
- Radios mínimos.
- Ancho de calzada.
- Ancho de bermas.
- Ancho del separador (Si aplica).
- Sección Transversal Típica.
- Pendiente longitudinal Máxima y Mínima.
- Longitud de pendiente crítica.
- Geometría sección en túnel (Si aplica).
- Geometría sección en puente o viaducto (Si aplica).

CAPÍTULO 4. DISEÑO GEOMETRICO

Se deberá realizar el trazado y diseño geométrico cumpliendo con lo establecido en el Manual de Diseño Geométrico del INVÍAS vigente, siguiendo los criterios y premisas establecidos en el capítulo anterior.

Las obras principales planteadas producto del trazado geométrico deberán ser el resultado del análisis de amenaza y estabilidad del corredor. Teniendo como premisa las condiciones ambientales, geológicas, de geotecnia e hidrológicas existentes en el entorno del sitio crítico y que gobiernan el corredor vial.

El trazado en el sitio critico deberá ser el producto de un análisis interdisciplinario donde se tenga en cuenta todas las condiciones especiales como zonas potenciales de falla, amenazas, reservas naturales y demás condicionantes del diseño.

Se deberá analizar alternativas para la vía, con el objeto de proponer la mejor solución vial. Los diseños deben estar amarrados al sistema de coordenadas actualizado del IGAC y desarrollados en software especializado de última tecnología.

Cada sector crítico podrá tener diferentes soluciones, por lo que el Consultor debe recomendar aquella que ofrezca las mejores condiciones técnicas y que cumpla con todas las premisas establecidas.

4.1 MODELACION

El trazado deberá ser realizado con un software de diseño que permita realizar la visualización de planta, perfil y sección transversal de forma simultánea, así como que cada modificación que se realice en alguno de estos elementos se actualice en los otros dos.

El software deberá permitir realizar modelaciones 3D de forma rápida con el fin de verificar y validar los criterios planteados. Estas modelaciones deberán ser presentadas y entregadas al INVÍAS durante el proceso de diseño. Deberá entregarse una modelación del diseño aprobado.

El Consultor a partir del diseño deberá modelar o calcular las distancias de visibilidad cada 10 metros en los sentidos de circulación, controlando para una determinada velocidad de diseño que la distancia de visibilidad de parada se cumpla en la totalidad del proyecto, así como también el cumplimiento de la distancia de visibilidad de adelantamiento proporcionada en la longitud establecida, de acuerdo con el Manual de Diseño Geométrico.

El propósito es el de identificar los sitios donde se presente distancias menores a la de visibilidad de parada o incluso de adelantamiento y ajustar los diseños permitiendo mayores distancias de visibilidad, hasta obtener por lo menos distancias mayores a la distancia de visibilidad para determinada velocidad, de acuerdo con el criterio contenido en el Manual de Diseño Geométrico.

El Consultor deberá realizar un análisis de consistencia del diseño utilizando los modelos aplicables al proyecto o utilizando *el Interactive Highway Safety Design Model* (IHSDM). Con los resultados obtenidos, el diseñador deberá realizar cambios en los elementos del diseño geométrico con el fin de mejorar o corregir los elementos que puedan poner en riesgo la seguridad de los usuarios.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Consultor deberá establecer las limitaciones encontradas durante el proceso de diseño, que desvirtúen el objetivo trazado inicialmente, en lo pertinente a garantizar el empleo de los parámetros y criterios de diseño, la comodidad y la seguridad de los usuarios de la vía.

Deberá establecer los principales resultados obtenidos del sitio critico a partir de las soluciones proyectadas sobre el corredor existente, la garantía en la seguridad vial de los usuarios y un resumen descriptivo de las obras principales requeridas.

El Consultor debe formular las recomendaciones a tener en consideración durante la etapa de construcción, que permitan y faciliten el conocimiento de la solución proyectada.

Se debe evitar durante la etapa de construcción la accidentalidad. El objeto fundamental del *Estudio de Seguridad Vial y Señalización* es la prevención de la accidentalidad, que desde luego no depende exclusivamente de este aspecto. No obstante, la calidad y la pertinencia técnica de la señalización en un proyecto vial, de acuerdo con el Plan de Manejo de Transito aprobado por la Interventoría, puede contribuir a la mitigación de los riesgos de accidentalidad y todas sus consecuencias para conductores, vehículos, peatones, y para la sociedad en general.

ANEXOS

Se deberán entregar los siguientes productos (en físico y magnético), los cuales deberán contener como mínimo la información que se describe a continuación:

Se organizará en medio digital toda la información secundaria y primaria que haya sido utilizada para el desarrollo del presente estudio. Así mismo, se deberá establecer un sistema de clasificación de los documentos a entregar para facilitar su consulta, tanto por parte del Interventor y/o del INVÍAS, como por cualquier otra persona que se encuentre interesada en acceder a dicha información.

ARCHIVO IFC A ENTREGAR

Se entregará archivo en formato IFC, relacionado con la metodología BIM que facilite el intercambio de información entre diferentes herramientas de software, el cual deberá incluir toda la información del modelo vial.

PLANOS

El Consultor deberá elaborar y entregar los planos definitivos en formato “DWG” y en formato “PDF” con la firma del responsable de su elaboración, e informes requeridos para el proyecto, sin perjuicio de lo establecido en el Capítulo 9 del Manual de Diseño geométrico del INVÍAS, considerando como mínimo los siguientes:

- ✓ PLANOS TOPOGRAFICOS

Planos de Poligonal

- Ubicación de Deltas-BMs.
- Cuadro de Coordenadas y cotas corregidas de cada vértice.
- Nube de puntos del levantamiento topográfico, triangulación y líneas de nivel.

✓ PLANOS DE DISEÑO

Se presentarán planos en los formatos planta - perfil o independiente planta y perfil de acuerdo con las condiciones topográficas del proyecto, en físico y en archivo magnético en formato ".DWG" o compatible.

Planta

- Escala 1:1.000.
- Eje del proyecto rotulado con abscisas cada 100 m.
- Sección transversal típica.
- Ancho de calzada proyectada.
- Sobre ancho de calzada dibujada.
- Ancho de zona.
- Referencias BMs.
- Escalas gráficas.
- Cuadro resumen de elementos.
- Localización de obras principales puentes, túneles, alcantarillas y muros proyectados.
- Abscisado cada 100 m con indicación del km dentro de un círculo.
- Zonas de inestabilidad geotécnica.
- Nombres de los ríos y quebradas, indicando sentido de las aguas.

Perfil longitudinal

- Escalas 1:1000 H y 1:100V.
- Perfil de terreno existente por el eje y la media banca superior e inferior.
- Proyecto de rasante con indicación del valor de pendientes.
- Elementos de curvas verticales (abscisas, cotas de PIV, parámetro K y longitud).
- Diagramas de curvatura.
- Diagrama de peraltes.
- Localización de sondeos y sus correspondientes perfiles estratigráficos.
- Localización de alcantarillas, pontones, puentes y muros proyectados.
- 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:

- Velocidad de diseño.
- Ancho de calzada.
- Ancho de bermas.
- Ancho del separador (Si aplica).

- Pendiente longitudinal Máxima y Mínima.
- Geometría sección en puente o viaducto (Si aplica).
- Inclinación transversal (BN).
- Dimensiones de la cuneta respecto al borde de pavimento.
- Taludes y terraceo si existe.

Secciones Transversales

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

- Escalas horizontal y vertical 1:200 o 1:100.
- Se presentarán cada 10 metros.
- Estructura de pavimento proyectada.
- Taludes.
- Cunetas.

CARTERAS DEL PROYECTO Y DE REPLANTEO

Se deberá presentar los listados contenidos en el Manual de Diseño Geométrico para Carreteras del INVÍAS; los cuales entre otros son:

Carteras De Topografía

- Carteras de Levantamientos de Campo.
- Cálculo de Coordenadas.
- Carteras de Poligonal.
- Carteras de Nivelación.
- Certificados de Calibración de Equipos.

Carteras de Diseño y replanteo

- Alineamiento Horizontal.
- Alineamiento Vertical.
- Rasante.
- Peraltes.
- Cartera de Movimiento de Tierras disgregando volúmenes de cortes en roca y material común empleando los perfiles estratigráficos del corredor vial.
- Chaflanes incluyendo cota de trabajo en el eje.
- Replanteo de la totalidad de la sección transversal.

4.4. VOLUMEN IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD VIAL

Para el desarrollo del Informe de ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PUNTOS CRÍTICOS del presente volumen de manera general debe considerar como mínimo los siguientes capítulos:

CAPITULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCE
CAPITULO 2. METODOLOGÍA
CAPITULO 3. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA
CAPITULO 4. MEDIDAS O ALTERNATIVAS DE SEGURIDAD VIA
CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
ANEXOS DE LOS ESTUDIOS

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCE

Identificar, evaluar y cuantificar las variables que inciden en la designación de un punto crítico y presentar una metodología que permita disminuir los índices de accidentalidad, aplicando un procedimiento de mejora en los temas de señalización, diseño geométrico, velocidad, tránsito, y estado de pavimento.

Identificar y caracterizar facilidades para los usuarios viales más vulnerables: peatones, ciclistas y motociclistas, para la solución propuesta de intervención del punto crítico.

Realizar un análisis de seguridad, identificando los puntos críticos basados entre otra información en las estadísticas de accidentalidad (insumo del área de tránsito) del punto crítico en estudio y se definirá el tratamiento adecuado, se deben recomendar las intervenciones, dimensionarlas y cuantificarlas de tal manera que se consideren como parte de las obras a las soluciones para la atención de las problemáticas identificadas para los puntos críticos, para disminuir los riesgos de accidentalidad vial, ya sea vehicular o peatonal, una vez el proyecto entre en operación y durante el curso de su vida útil.

El estudio de seguridad vial se hace a partir del análisis del diseño geométrico de la vía en planta y perfil, en caso de requerirse, como resultado de este se deben establecer acciones preventivas a implementar en el punto crítico de análisis, las cuales se deben ver reflejadas por ejemplo en la misma señalización definitiva.

El estudio, deberá permitir establecer criterios e indicadores en seguridad vial a tenerse en cuenta para la calificación del trazado bajo estudio, a partir de información secundaria disponible, en términos datos de accidentalidad, funcionales del proyecto vial, localización, volúmenes de tránsito y composición vehicular, entre otros, y de información que se tenga a partir de los antecedentes del proyecto, incluso de estudios similares que se hayan llevado a cabo sobre corredores adyacentes o en el área de influencia del punto crítico de análisis. Se deberán identificar puntos de riesgo a nivel de seguridad vial del punto crítico y/o zona de influencia definida.

Se deberán recomendar las intervenciones, dimensionarlas y cuantificarlas de tal manera que se consideren como parte de las obras asociadas al mejoramiento de la vía para disminuir los riesgos de accidentalidad vial, ya sea vehicular o peatonal, una vez el proyecto entre en operación y durante el curso de su vida útil.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

Se deberá presentar la metodología para el desarrollo de los trabajos que considere como mínimo los siguientes aspectos:

- Análisis de los Impactos en la Seguridad Vial.
- Caracterización de la Accidentalidad del sector y del tipo de usuarios.
- Calificación de la Seguridad Vial.
- Medidas y/o actualizaciones en Seguridad Vial.
- Entrega de los resultados con recomendaciones para mejorar la seguridad vial del punto crítico analizado.

La metodología propuesta permitirá clasificar el riesgo del proyecto vial, en función del análisis de los conflictos entre usuarios viales, mediante el análisis de variables alternativas o indirectas de la seguridad vial.

CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

Se trabajará con base en la información secundaria obtenida en la recolección de datos de accidentalidad (evolución del número de víctimas, fallecidos y lesionados en accidentes de tránsito en los últimos años, diferenciando entornos urbanos e interurbanos), causas de los accidentes, indicadores de seguridad vial, estudios de la zona de influencia y proyectos de características similares.

Toda la información secundaria que se obtenga para el desarrollo del estudio deberá ser analizada, revisada y ajustada antes de ser utilizada por el Consultor.

Este estudio requerirá del Consultor una coordinación muy estrecha con las especialidades de Diseño Geométrico, Pavimentos y Tránsito, para establecer medidas o actuaciones a tenerse en cuenta en las siguientes fases de diseño.

En relación con el marco normativo, el consultor debe valorar todo el conjunto de normas, leyes y manuales que regulen los anteriores factores para Colombia, y en particular, pero sin limitarse a ellos, se deberán considerar los siguientes documentos:

Tabla 10. Marco jurídico y normatividad técnica aplicable para el componente de Seguridad Vial

No.	Documento	Tipo Documento
1	Ley 769 de 2002 – Código Nacional de Tránsito	Normativo
2	Ley 1383 de 2010 – Por la cual se reforma la ley 769 de 2002 – Código Nacional de Tránsito, y se dictan otras disposiciones	Normativo
3	PLAN NACIONAL DE SEGURIDAD VIAL COLOMBIA 2011-2021, Resolución 2273 DE 2014	Normativo
4	Ley 1503 de diciembre 29 de 2011 - Por la cual se promueve la formación de hábitos, comportamientos y conductas seguros en la vía y se dictan otras disposiciones.	Normativo

No.	Documento	Tipo Documento
5	Resolución 546 del 9 de marzo del 2018 “Por la cual se adecua la reglamentación del sistema de Interoperabilidad de Peajes con Recaudo Electrónico Vehicular (IP/REV), se establecen nomas de proyección a los usuarios y se dictan otras disposiciones” y la Resolución 883 del 11 de marzo del 2019 "Por la cual se prorrogan los plazos del régimen de transición establecidos en el artículo 33 de la Resolución 00546 de 2018 del Ministerio de Transporte".	Normativo
6	Criterios para el diseño geométrico y paisajístico de la franja de aislamiento y la calzada de desaceleración establecidos en los decretos 3600 de 2007 y 4066 de 2008.	Normativo
7	Criterios para los diseños específicos para los pasos urbanos definidos en el decreto 2976 de 2010.	Normativo
8	Resolución 20203040023385 del 20 de noviembre de 2020 del Ministerio de Transporte. "Por la cual se establecen las condiciones mínimas de uso del casco protector para los conductores y acompañantes de vehículos tipo motocicletas, motociclos, moto triciclos, motocarros, cuatrimotor y se dictan otras disposiciones”.	Normativo
9	Resolución 20203040011245 del 20 de agosto de 2020 del Ministerio de Transporte. Por el cual se establecen los criterios técnicos de seguridad vial para la instalación y operación de los sistemas automáticos, semiautomáticos y otros medios tecnológicos para la detección de presuntas infracciones al tránsito y se dictan otras disposiciones.	Normativo
10	Proyecto de normativa de 16 de febrero de 2021 del Ministerio de Transporte. Proyecto de Resolución “Por la cual se adopta la metodología para el desarrollo de auditorías e inspección de seguridad vial para Colombia”.	Normativo
11	NTC 6107-1: señalización vertical de calles y carreteras. Dispositivos deformables portátiles y fijos para señalización vial **parte 1.** NTC 6107-2: señalización vertical de calles y carreteras. Dispositivos deformables portátiles y fijos para señalización vial **parte 2.** NTC 6107-3: señalización vertical de calles y carreteras. Dispositivos deformables portátiles y fijos para señalización vial **parte 3.** NTC 6107-3: señalización vertical de calles y carreteras. Dispositivos portátiles y fijos deformables para señalización vial **parte 5.** hitos de vértice y cumplimiento de los requisitos del producto.	Normas técnicas colombianas
12	NTC 4140: accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios y espacios urbanos y rurales. Pasillos y corredores. Características generales.	Normas técnicas colombianas
13	NTC 4279: accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios. Espacios urbanos y rurales. Vías de circulación peatonales horizontales.	Normas técnicas colombianas

No.	Documento	Tipo Documento
14	NTC 4774: accesibilidad de las personas al medio físico. Espacios urbanos y rurales. Cruces peatonales a nivel, elevados o puentes peatonales y pasos subterráneo.	Normas técnicas colombianas

Tabla 11 Manuales Técnicos

No.	Documento	Tipo de documento
1	MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA CARRETERAS, adoptado mediante Resolución No. 000744 del 4 de marzo de 2009.	Manual Técnico del INVIAS.
2	MANUAL DE SEÑALIZACIÓN VIAL - DISPOSITIVOS UNIFORMES PARA LA REGULACIÓN DEL TRÁNSITO EN CALLES, CARRETERAS Y CICLORRUTAS DE COLOMBIA. Adoptado por Resolución 1885 de 2015.	Manual del Ministerio de Transporte.
3	METODOLOGÍAS DE TRABAJO PARA LA SEÑALIZACIÓN DE VELOCIDAD Y ZONAS DE ADELANTAMIENTO EN LA RED NACIONAL DE CARRETERA adoptado mediante Resolución No 001384 de abril 20 de 2010.	Manual del Ministerio de Transporte.
4	Guía del MANUAL DE AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL PARA COLOMBIA. Actualización por la Dirección de Infraestructura y Vehículos de la Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2019 y 2020.	Manual del Ministerio de Transporte y Agencia Nacional de Seguridad Vial
5	GUIA DE CICLOINFRAESTRUCTURA PARA CIUDADES COLOMBIANAS, Ministerio de Transporte, 2016.	Guía del Ministerio de Transporte
6	ISO 39001 de SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL.	Norma Técnica

CAPÍTULO 4. MEDIDAS O ALTERNATIVAS DE SEGURIDAD VIAL

Con base en los resultados de la caracterización de la accidentalidad y el tipo de usuarios viales, así como otras condiciones, se procederá a elaborar un índice que permita cuantificar el riesgo en función de la ocurrencia de conflictos en tráfico, a partir de las mediciones de la seguridad vial para el trazado existente.

Para la estimación de estas medidas o alternativas deberán utilizarse los manuales o normatividad vigentes de la Agencia Nacional de Seguridad Vial - ANSV, particularmente el Plan Nacional de Seguridad Vial vigente.

Con base en la Evaluación de la Seguridad Vial, el consultor deberá proponer soluciones en términos de infraestructura segura y su relación con los usuarios, y a su vez establecer actualizaciones para el desarrollo mejoras en la seguridad vial para tener en cuenta en la siguiente fase de diseño.

De igual forma se deberán presentar esquemas y protocolos con el objeto de disminuir los riesgos de accidentalidad vial y recomendaciones para la siguiente etapa del proyecto.

Se deberá presentar una valoración de las acciones preventivas a implementar en el(los) punto(s) crítico(s) analizados en materia de señalización y medidas de contención vial.

Definir de manera esquemática la localización y características de las zonas de seguridad necesarias destinadas a usuarios vulnerables (peatones, ciclo usuarios, motociclistas), prestando especial atención a cruces peatonales en entornos rurales y urbanos, salidas de vía, zonas laterales. Estas propuestas tendrán que presentarse como medidas de gestión y/o mitigación en concordancia con el comportamiento de los usuarios, características de la infraestructura vial y de espacio público, entre otros aspectos a considerar.

Las alternativas/acciones de gestión y mitigación pretenderán disminuir las amenazas que atentan contra la seguridad de la totalidad de los usuarios de la vía en los puntos/tramos críticos del proyecto; de tal manera que, la velocidad y las características de la infraestructura vial reconozcan la posibilidad del error humano y su vulnerabilidad.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con la elaboración de la caracterización de la accidentalidad y la calificación del riesgo del sector de estudio, se estará brindando un aporte importante para mejorar las condiciones de diseño, y prever unas medidas o actuaciones particulares en términos de seguridad vial en cuanto al factor de Infraestructura y humano (usuarios viales).

Se deberán presentar las conclusiones en materia de protocolos y medidas que mitiguen los riesgos en materia de seguridad vial, así como las recomendaciones respectivas para otros componentes de los estudios como diseño geométrico y tránsito.

De igual forma se presentarán, también, las respectivas conclusiones y recomendaciones desde este componente para la implementación de las medidas que permitan mejorar las condiciones para la intervención del punto(s) crítico(s) analizado(s).

Las conclusiones y recomendaciones deben orientarse al análisis de la solución vial involucrando a los demás responsables de la elaboración del proyecto (es decir, articularse con las disciplinas de diseño geométrico, tránsito, pavimentos, estructuras, hidráulica, etc.), contemplando aspectos como:

- La coherencia del diseño con la categoría del proyecto.
- Localización geográfica.
- Características operacionales.
- Trazado y su impacto dentro de la red vial existente.
- Disposición de usos del suelo adyacentes al proyecto.
- Localización de intercambiadores viales, retornos, puentes peatonales.
- Especificaciones de diseño, normatividad, controles y criterios.
- Velocidad de diseño.
- Alineamiento (horizontal y vertical).
- Sección transversal.

- Intersecciones previstas y movimientos permitidos.
- Equipamientos públicos y privados.
- Áreas de servicios y descanso.
- Acceso a propiedades y desarrollos urbanos.
- Medios de transporte.
- Señalización vertical y horizontal.
- Medidas de tránsito calmado que reduzcan la velocidad vehicular o permitan cruces más seguros.
- Recomendaciones encaminadas a establecer límites de velocidad seguros.
- Soluciones particulares en puntos críticos en seguridad, tales como: zonas escolares, cruces peatonales, pasos urbanos, conexión de infraestructura para peatones y ciclistas, entre otros.
- Localización de cabezales, alcantarillas, pozos, box culverts, entre otros.

ANEXOS DE LOS ESTUDIOS

Se deberá presentar y organizar en medio digital toda la información secundaria que haya sido utilizada para el desarrollo del Estudio. Así mismo, se deberá clasificar para fácil consulta, tanto por parte del Interventor y/o del INVIAS, como por cualquier otra persona que se encuentre interesada en acceder a dicha información.

4.5. VOLUMEN V. ESTUDIO DE GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA PARA INGENIERÍA

Para el desarrollo del Informe de ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PUNTOS CRÍTICOS del presente volumen de manera general debe considerar como mínimo los siguientes capítulos:

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES
CAPITULO 2. METODOLOGÍA
CAPITULO 3. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA REGIONAL
CAPITULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
ANEXOS

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES

1.1 OBJETIVO

Realizar la caracterización geológica del sitio crítico que se va a intervenir, a partir de los estudios de campo requeridos y las campañas de exploración geotécnica y/o geofísica y análisis de detalle.

1.2 ALCANCES

Realizar el análisis y evaluación detallada del sitio crítico a escala 1:2000, 1:1000 o 1:500, la escala del estudio dependerá de las características y complejidades que presente la zona.

Comprenderá la investigación geológica de ingeniería que se encuentran incluida en el presente documento, pero el consultor o la entidad pueden agregar la información y datos que consideren importantes para el desarrollo de este.

En todo caso, los estudios geológicos realizados, estarán sujetos a que se realicen ajustes posteriores relacionados con el cambio de la normatividad técnica aplicable, o a los cambios en las condiciones físicas del sitio crítico asociados a fenómenos naturales como sismos y/o fuertes periodos de lluvias que desencadenen respuestas en los suelos y rocas que generen la realización de actualizaciones en la información o actividades antrópicas que requieran de evaluación.

- Realizar el informe del marco geológico - estructural regional del corredor donde se encuentra ubicado el sitio crítico a escala 1:10.000, para lo cual se utilizará análisis de información secundaria, fotointerpretación, análisis de sensores remotos, exploración geotécnica y geofísica.
- Realizar el mapa geomorfológico regional a escala 1:10.000 donde se delimiten elementos geomorfológicos; los cuales se consideran un insumo primordial para la homogeneización de las unidades con características de comportamiento geomecánico similar.
- Determinar en el sitio crítico las características litológicas, rasgos estructurales y aspectos geomorfológicos, para una acertada aplicación de las acciones geotécnicas y civiles en el progreso de las obras relacionadas.
- Identificar, clasificar y cartografiar, el movimiento en masa o proceso erosivo característico del sitio crítico, así mismo evaluar e identificar los factores de inestabilidad que contribuyen a estos fenómenos.
- Recopilar y revisar la información del subsuelo proveniente de los apiques, trincheras, perforaciones geotécnicas, exploración geofísica y demás procedimientos normalizados que permitan obtener las principales variables geológicas.
- Generar la cartografía temática a escala detallada con el fin de dar las recomendaciones respectivas para el adecuado desarrollo del proyecto en el sector.
- Entregar las recomendaciones necesarias que permitan mejoras al proyecto desde el punto de vista geométrico acorde con las condiciones geológicas y geomorfológicas más favorables para realizar los cortes, en concordancia con las amenazas y riesgos evaluados.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

Durante el desarrollo de este Volumen de información se debe generar y recopilar información geológica, estructural, caracterización de las unidades, así como la elaboración de los mapas a partir de la cartografía básica, el modelo digital de elevación y el análisis de los sensores remotos.

Se seguirá la siguiente metodología:

Se debe recopilar **información secundaria** que permita reconocer rasgos litológicos, geomorfológicos y estructurales para ser usados en el análisis regional.

Se debe realizar la **Fotointerpretación** de las imágenes a nivel regional, que contengan los trazados posibles a ser evaluados, se identifican los elementos geomorfológicos, y con base en los sensores remotos disponibles en el área de estudio y/o a partir del modelo de digital de la elevación (DEM), modelo digital de terreno (MDT), definiéndose las alturas relativas (índice de relieve) y la pendiente del terreno, información importante para ir delimitando las áreas que presentan formas y características homogéneas.

Para el caso de los sitios críticos ubicados en zonas aledañas a quebradas y ríos se hace necesaria una fotointerpretación multitemporal usando información por un periodo de tiempo de treinta (30) años o más, con el fin de reconocer los rasgos morfológicos del comportamiento dinámico del río o las quebradas en los sectores de interés, este mismo proceso se deberá adelantar si el fenómeno es relacionado con erosión costera.

Visitas de campo que permitan recolectar la información correspondiente a las características litológicas, la zonificación geomecánica del macizo rocoso, delimitación de formaciones superficiales, y determinación de aspectos geomorfológicos relevantes, identificando sectores potencialmente inestables. Determinar en el sitio crítico los parámetros básicos de la geometría del talud, como la altura vertical (V) y la longitud horizontal (H), pendiente del plano del talud, tipo de roca o suelo aflorante, grado de meteorización, vegetación, posibles factores contribuyentes y detonantes, con el fin de que los problemas encontrados sean corregidos y se tomen las mejores decisiones sobre las acciones y obras a ejecutar.

Elaboración de los mapas a partir de la cartografía básica, el modelo digital de elevación (DEM), modelo digital de terreno (MDT), los sensores remotos y la recolección sistemática de datos en campo.

Finalmente, se prepara una **síntesis de los resultados o informe geológico** con los documentos de trabajo, cartográficos y fotográficos interpretados.

CAPÍTULO 3. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

Los Estudios de Geología para sitios críticos incluyen los aspectos referentes a la investigación cuyo alcance y metodología se describen en los siguientes capítulos de este documento.

3.1 RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

Incluye información del Servicio Geológico Colombiano (SGC), el IDEAM, IGAC, INVEMAR, Corporaciones Autónomas, Universidades, entre otras entidades, que permita alimentar con datos un análisis de orden regional.

3.2 FOTOINTERPRETACIÓN

El uso de esta herramienta permite identificar las zonas de interés que luego deberán ser corroboradas en campo. Esta fase es de vital importancia en zonas con accesos limitados. Se deben consultar las mayores fuentes de datos posibles como el IDEAM, IGAC para realizar análisis multitemporales, las imágenes y/o fotografías aéreas deben corresponder a periodos de tiempo de treinta años o más, que faciliten el monitoreo, análisis y evaluación de los cambios

que se han presentado en el territorio, mediante técnicas de procesamiento digital de imágenes y fotointerpretación.

Para el caso de los sitios críticos se hace necesaria una fotointerpretación multitemporal de rasgos morfodinámicos y morfométricos del comportamiento dinámico del río o las quebradas en los sectores de interés escogidos para la construcción de puentes o zonas inestables, de igual forma se deben realizar análisis multitemporales en zonas afectadas por erosión costera.

Se debe realizar el modelo digital de terreno (MDT) y el modelo digital de elevación (DEM), con la información a partir de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar y caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo.

Se debe generar un mapa fotogeológico del sitio crítico y su zona aledaña, con las unidades litológicas, elementos geomorfológicos, estructuras, cobertura de la tierra, estructuras como cercanía a fallas de lineamientos, descripción de diaclasas.

3.3 ESTUDIO DE PUNTOS CRÍTICOS Y ZONAS INESTABLES

Para el conocimiento general de la zona donde se encuentra ubicado el sitio crítico se debe elaborar un mapa geológico y geomorfológico regional a partir de los datos recolectados como información secundaria y las visitas de campo. Partiendo de información registrada en el Sistema de Información de Movimientos en Masa SIMMA del Servicio Geológico Colombiano.

Para recolectar la información del sitio crítico se utilizará o modificará los formatos indicados para movimientos en masa por el Servicio Geológico Colombiano en su Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo del año 2016.

Se realizarán las descripciones geológicas detalladas de los afloramientos, apiques, trincheras, corazones de suelo y roca de las perforaciones. Para ampliar la investigación del subsuelo se pueden realizar sondeos eléctricos verticales, tomografía eléctrica, líneas sísmicas de refracción, sondeos con georradar y perforaciones corazonadas.

Se preparará a nivel de afloramiento un informe geológico, geomorfológico, de pendientes, formaciones superficiales, localización de estaciones apoyado en el levantamiento topográfico, que contenga unidades litológicas, elementos estructurales (tanto antiguos como recientes antiguos y recientes relacionadas con plegamiento, discordancias y fallas), orientación de diaclasas, meteorización, escarpes de deslizamiento, grietas, áreas de reptación, manantiales y demás características.

En campo se realizará la caracterización geomecánica de macizos rocosos es importante tener una descripción completa del sitio crítico y los afloramientos visitados incluyendo características, ubicación, identificación de todos los rasgos relevantes como discontinuidades, agua, vegetación, dimensiones entre otros. Para la descripción de los parámetros necesarios para la evaluación geomecánica, se miden discontinuidades, número de familias, Rock Quality Designation (RQD), la resistencia a la compresión simple, entre otros que influyan en el comportamiento, como el grado de meteorización y las propiedades hidrogeológicas. A partir de estos parámetros se evalúa la clasificación geomecánica que proporciona información sobre la calidad y resistencia del macizo rocoso.

Se recomienda el uso de la estimación en campo a la resistencia de la roca utilizando los criterios RMR (Valoración de la Masa Rocosa) de Bieniawski (1989) y GSI (Índice de Resistencia Geológica) de Hoek y Hoek and Brown (1997). La clasificación geomecánica RMR (Bieniawski, 1989), tiene como objetivo definir la calidad de los macizos rocosos en función al índice RMR, este índice se calcula teniendo en cuenta la resistencia de la matriz rocosa, el índice RQD, condición de las discontinuidades y parámetros hidrogeológicos. Para recolectar la información se puede utilizar los formatos indicados para caracterización del macizo rocoso del Servicio Geológico Colombiano.

Se presentará mínimo un corte o los cortes geológicos necesarios, longitudinales y transversales del corredor donde se incluya la posición de la vía actual, se integrará toda la información del subsuelo obtenida con los estudios geofísicos y las perforaciones para la elaboración de dicho corte.

Para el Perfil Estratigráfico, las muestras de suelo deberán clasificarse utilizando el sistema de clasificación de suelos - USC (Unified Soil Classification System - USCS) y las rocas se describirán incluyendo identificación, grado de fracturamiento y demás información útil desde el punto de vista de ingeniería.

Durante esta fase se realizará la recolección de datos de campo partiendo de la información de la fotointerpretación y el análisis de imágenes. Los datos de campo se recolectarán de forma ordenada y organizada de forma que permita un adecuado análisis de la información sobre la condición estratigráfica, rasgos estructurales, ubicación, condiciones geomecánicas y se deberán georreferenciar en el origen nacional en cumplimiento de la Resolución 471 de 2020 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi por ser el que establece un sistema de proyección cartográfico de único origen para Colombia.

En caso de que se detecten situaciones especiales del suelo, como la presencia de suelos orgánicos, expansivos, suelos susceptibles que licuefacción o cualquier otro estado que implique inestabilidad de la estructura, se indicará su ubicación y se darán recomendaciones específicas sobre el tratamiento que debe recibir este suelo en particular, con el objetivo de mitigar riesgos y evitar futuros colapsos.

Caracterización de materiales

Con las muestras representativas se deberán realizar todos los ensayos de laboratorio contemplados en las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y los procedimientos de las Normas de Ensayos de Materiales para Carreteras del INVÍAS vigentes a la fecha de los diseños. Para las pruebas no contempladas en las anteriores normas, se aplicarán los estándares de ICONTEC y ASTM, en este mismo orden.

Para los sitios inestables se deberá realizar por lo menos dos perforaciones mecánicas en cada sitio inestable, de allí en adelante la cantidad no se limita como se mencionó anteriormente, pero deben alcanzar profundidades que permitan precisar la posición de la superficie de falla, o espesores de las capas de suelos involucradas en los movimientos, los materiales presentes y posición de niveles de roca o suelos competentes y la localización de los niveles freáticos. Se debe tener en cuenta el grado de complejidad del sitio crítico con el fin de definir la ubicación

de las perforaciones, cantidad, y profundidad estimada. Luego de conocer los resultados se debe entregar un informe sobre la descripción del tipo de perforaciones, localización, abscisado, profundidad alcanzada, cantidad ejecutada y resultados, de la misma manera se realiza para los apiques y trincheras.

Se complementará la exploración mediante sondeos geofísicos, empleando sísmica de refracción, MASW y sondeos geoeléctricos, con el objeto de tener una geología detallada en estos sitios.

Se presentarán en forma clara las conclusiones a que llegó el estudio, indicando las precisiones de este, de igual manera las sugerencias o aportes que genera el estudio para ser tenidas en cuenta, durante la estructuración y ejecución del Proyecto.

La información que se obtenga de esta etapa deberá ser incluida en el Volumen geotécnico, ambiental, hidrogeológico, riesgos, sostenibilidad, la estimación de costos y evaluación económica del proyecto.

3.4 ESTUDIO GEOLÓGICO DE FUENTES DE MATERIALES

Los estudios relacionados en este capítulo hacen referencia a la localización, selección, y cubicación de fuentes potenciales de materiales para la construcción de la estructura del pavimento, concretos estructurales, terraplenes, pedraplenes y otros usos, y al acopio de información necesaria para obtener los permisos de explotación ante las autoridades competentes, teniendo en cuenta los criterios y requisitos establecidos en el componente ambiental del estudio para esta fase.

Se harán mapas geológicos a escala 1:2.000 de cada fuente potencial de materiales de construcción apoyado en la información topográfica. El mapa geológico se preparará a nivel de afloramiento, con estaciones geológicas, contactos entre unidades litoestratigráficas, posición estructural, orientación de diaclasas, meteorización, y resistencia de los suelos y rocas.

La resistencia de suelos y se determinará mediante pruebas in situ y ensayos de laboratorio; en el caso de las rocas se determinará mediante diversos métodos como el RMR propuesto por Bieniaswski, (RMR), se recomienda el uso de los formatos de recolección de información de caracterización del macizo rocoso del Servicio Geológico Colombiano de 2016.

Las estaciones de campo deberán ser georreferenciados en el origen nacional en cumplimiento de la Resolución 471 de 2020 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi por el que se establece un sistema de proyección cartográfico con un único origen para Colombia.

Se deberán realizar las excavaciones necesarias por medio de apiques, trincheras, y perforaciones corazonadas para determinar los espesores disponibles de materiales y obtener las muestras representativas. Se prepararán columnas estratigráficas de las diversas unidades. Se harán cortes geológicos verticales. Se harán las descripciones detalladas de los afloramientos, apiques, trincheras y corazones de suelo y roca de las perforaciones.

El informe y mapa geológico se preparará a nivel de afloramiento con la localización de estaciones apoyado en el levantamiento topográfico, que contenga unidades litológicas,

elementos estructurales (tanto antiguos como recientes, relacionadas con plegamiento, discordancias y fallas), orientación de diaclasas, meteorización, escarpes de deslizamiento, grietas, áreas de reptación, manantiales y demás características.

La información que se obtenga de esta etapa deberá ser incluida en el Volumen ambiental, geotecnia, hidrogeología, riesgos, sostenibilidad, la estimación de costos y evaluación económica del proyecto.

Cálculo de recursos y reservas

Se denomina recurso de materiales de construcción a una cantidad de roca o de arena o grava natural que pueda ser empleada en la construcción de la estructura del pavimento, concreto estructural, terraplenes y pedraplenes, para obras de ingeniería. Se entienden por reservas la porción de los recursos identificados que pueden ser explotables económica y legalmente.

Las reservas se clasifican de acuerdo con el grado de certeza geológica sobre su existencia, en reservas posibles, reservas probables y reservas probadas.

Las reservas posibles o inferidas son aquellas cuyas estimaciones cuantitativas se basan principalmente en conocimientos amplios sobre el carácter geológico del cuerpo de material, para lo cual hay pocas nuestras o mediciones, si es que las hay. Las estimaciones se basan en una continuidad o repetición hipotética de algunas evidencias geológicas como comparaciones con depósitos o yacimientos de tipo similar.

Las reservas probables o indicadas son aquellas cuyos tonelajes se calculan en parte por medio de mediciones, y en parte con base en proyecciones a distancias razonables según los indicios geológicos. En este caso, los sitios disponibles para inspección, medición y toma de muestras están demasiado espaciados o son inadecuados para poder delimitar plenamente los cuerpos de materiales pétreos. Las reservas probadas o medidas son aquellas cuyo tonelaje se ha calculado utilizando las dimensiones que se aprecian en afloramientos, trincheras, labores mineras y perforaciones. Los lugares de inspección, muestreo y medición se espacian con tal proximidad que el carácter geológico del cuerpo se define con exactitud.

Se calcularán los volúmenes de recursos y reservas de materiales, con el mapa y cortes geológicos verticales en serie; y se estimará una clasificación preliminar de los materiales para construcción de la estructura del pavimento, concretos estructurales, terraplenes, pedraplenes y otros usos.

Además, se deberá realizar un análisis sobre los permisos ante las autoridades ambientales, mineras y territoriales necesarios para la aprobación de las zonas, identificando los criterios y requisitos de dichas autoridades.

Se debe realizar un análisis de cada fuente de materiales con los siguientes datos básicos:

- Nombre del predio.
- Propietario del predio.
- Título Minero.

- Área del Título minero.
- Municipio, y concesión minera si Ubicación general de la fuente de material en la zona del proyecto y localización detallada en un mapa a escala.
- Cortes geológicos.
- Si está o no en explotación.
- Maquinaria y equipos.
- Productos y precios.

Se debe definir el acceso a la fuente, el estado y características de este y la distancia por carretera al Proyecto. La información que se obtenga de esta etapa deberá ser incluida en el Volumen ambiental, Riesgos, Sostenibilidad, la estimación de costos y evaluación económica del proyecto.

3.5 ESTUDIO DE LAS ZONAS DE DISPOSICIÓN DE SOBRANTES

Se realizará el estudio geológico a escala 1:1.000 de cada zona de disposición de sobrantes, presentará un plano detallado con la localización de las zonas de disposición de sobrantes estudiadas en el corredor seleccionado, con su distancia al proyecto y la estimación preliminar del volumen de cada una de ellas.

Para tal efecto, será necesario adelantar visitas a los sitios identificados en la fotointerpretación como zonas de disposición de sobrantes.

Con base en información secundaria, recolección de información de campo de tipo técnica, ambiental y geotécnica, debe realizar el análisis sobre las posibles alternativas, localización, georreferenciación, selección, cubicación y clasificación de fuentes de materiales para la construcción de la vía, zonas de préstamos, así como zonas de botaderos para la disposición de material sobrante.

Además, se deberá realizar un análisis sobre los permisos ante las autoridades ambientales, mineras y territoriales necesarios para la aprobación de las zonas, identificando los criterios y requisitos de dichas autoridades.

Se debe realizar el diseño para concesión de las zonas de disposición de sobrantes, con los siguientes datos básicos:

- Nombre del predio.
- Propietario del predio.
- Título Minero.
- Área del predio.
- Localización general y detallada en un mapa a escala.
- Precios.

Se debe definir el acceso a las ZODMES, características importantes y la distancia por carretera al sitio.

La información que se obtenga de esta etapa deberá ser incluida en el Volumen ambiental, Riesgos, Sostenibilidad, la estimación de costos y evaluación económica del proyecto.

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Consultor deberá formular conclusiones que se relacionen con los objetivos enunciados, la base teórica y el diagnóstico. En este apartado se busca sintetizar brevemente los puntos más relevantes:

-Conocer las condiciones geológicas estructurales a nivel de afloramiento, definir la información extraída del modelo digital de elevación, modelo digital de terreno y del procesamiento de las imágenes.

- Realizar el estudio geológico para las fuentes de materiales de construcción.

- Recopilar y revisar la información del subsuelo.

-Definir las condiciones de los taludes que se hayan estimado necesarios para las explanaciones, fundación de los terraplenes y la estabilidad para las diferentes zonas de comportamiento homogéneo.

-Ser un insumo fundamental para la actuación de otros especialistas indispensables en los estudios y diseños requeridos para un proyecto vial.

Así como las recomendaciones correspondientes a los aspectos tratados y aquellas que deban ser tenidas en consideración durante la fase de construcción.

ANEXOS

Se deberá organizar en medio digital toda la información producida y referenciar la información secundaria que se haya utilizado. De igual manera, se deberá clasificar para fácil consulta, tanto por parte del Interventor y/o del INVÍAS, como por cualquier otra persona que se encuentre interesada en acceder a dicha información.

El consultor deberá elaborar los planos a la escala indicada e informes requeridos para el proyecto, considerando como mínimo los siguientes:

Productos generados para los sitios críticos:

Informe Geológico del sitio crítico que incluye:

- Mapa fotogeológico regional del área de estudio.
- Mapa geológico regional a escala 1:2000.
- Mapas geomorfológicos regionales a escala 1:2000.
- Mapa de estaciones de campo a escala 1:2000.
- Mapa de la localización del sitio crítico a escala 1:2000, 1:1000 o 1:500.
- Mapa geológico local, geomorfológico, formaciones superficiales, pendientes, red hídrica.

- Mapa por movimientos en masa de cada una de los sitios críticos con su respectiva clasificación.
- Perfil (o perfiles) estratigráficos a escala 1:2000, 1:1000 o 1:500.
- Corte geológico a escala de detalle.
- Modelo digital de elevación (DEM) y modelo digital de terreno (MDT) a la escala requerida en el mapa geológico regional.
- Mapa de localización de Apiques y Trincheras, Perforaciones, Sondeos Eléctricos, Líneas Sísmicas de Refracción y/o Sondeos de Georradar realizados para la investigación del corredor a nivel general a escala 1:2000.
- Registro de Apiques y Trincheras realizado para la investigación del sitio crítico.
- Registro de Sondeos Eléctricos, Líneas Sísmicas de Refracción y Sondeos de Georradar realizados para la investigación del sitio crítico.
- Registro de Perforaciones realizado para la investigación del corredor a nivel general.
- Conclusiones y recomendaciones.

Productos generados para las fuentes de Materiales:

- Informe geológico de las fuentes de materiales presentes en el corredor.
- Mapa de localización de las fuentes de Materiales.
- Mapa geológico de las fuentes de Materiales a escala 1:1000.
- Mapa geomorfológico de las fuentes de Materiales a escala 1:1000.
- Caracterización de materiales.
- Condición morfológica actual a escala 1:1000.
- Condición morfológica futura una vez terminadas las actividades a escala 1:1000.
- Conclusiones y recomendaciones.

Productos generados para las zonas de disposición de sobrantes:

- Informe geológico para las amenazas geológicas presentes en el corredor
- Mapa geológico de las zonas de disposición de sobrantes a escala 1:1000.
- Mapa geomorfológico de las zonas de disposición de sobrantes a escala 1:1000.
- Mapa de zonas de disposición de sobrantes a escala 1:1000.
- Caracterización de materiales.
- Condición morfológica actual a escala 1:1000
- Condición morfológica futura una vez terminadas las actividades a escala 1:1000.
- Conclusiones y recomendaciones.

Y demás documentos adicionales requeridos por el INVÍAS para el Volumen Estudio geológico.

4.6. VOLUMEN VI. ESTUDIO DE ESTABILIDAD Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

Para el desarrollo del Informe de ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PUNTOS CRÍTICOS del presente volumen de manera general debe considerar como mínimo los siguientes capítulos:

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES
CAPITULO 2. METODOLOGÍA
CAPITULO 3. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN
CAPITULO 4. DIAGNÓSTICO GEOTÉCNICO EN PUNTOS CRÍTICOS DE TALUDES
CAPITULO 5. PLAN DE EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO Y ENSAYOS
CAPITULO 6. TOPOGRAFÍA EN PUNTOS CRÍTICOS
CAPITULO 7. RECOMENDACIONES Y OBRAS REQUERIDAS PARA LOS TALUDES DE CORTE EN PUNTOS CRÍTICOS
CAPITULO 8. RECOMENDACIONES Y OBRAS REQUERIDAS PARA LOS TALUDES DE CORTE EN PUNTOS CRÍTICOS
CAPITULO 9. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN PUNTOS CRÍTICOS
CAPITULO 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
ANEXOS

CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES

1.1 OBJETIVO

Diseñar obras de estabilización para los puntos críticos identificados de tal manera que se evalué la estabilidad de los taludes y sus áreas de influencia. Se requiere del diseño de la estructura de contención, drenaje y perfilamiento a nivel de detalle con entrega del plan de monitoreo.

Los estudios geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos y geotécnicos tendrán como fin determinar las condiciones de estabilidad de las laderas existentes, definir las condiciones como inclinación y geometría de taludes, obras de contención, obras hidráulicas y de protección de taludes, bermas, entre otras que garanticen la estabilidad de los cortes que requieran para el diseño de puntos críticos del proyecto. Igualmente, deberán determinarse las condiciones de cimentación y taludes para los terraplenes que se requieran y los análisis de estabilidad.

En el caso de puntos críticos los estudios deberán determinar la dinámica del movimiento, sus causas y las obras requeridas para su estabilización que permitan la operación vehicular de manera adecuada y segura.

Las obras propuestas deben mejorar la estabilidad, funcionalidad y seguridad de los puntos críticos con el visto bueno de interventoría para la elección de las más favorables para el proyecto.

1.2 ALCANCES

A partir de los estudios geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos, físico-mecánico y geomecánicos, se establecen los parámetros geotécnicos de los suelos, rocas y macizo rocoso de los puntos críticos y con el fin de obtener los parámetros necesarios para la realización de los análisis de estabilidad. En los tramos de terraplén se requiere definir la condición del subsuelo para el diseño de su cimentación.

Se requiere visita técnica al sitio donde se ubica el punto crítico y su área de influencia de tal manera que se identifique los daños generados, la extensión, las características del sitio inestable, los materiales que lo componen de tal manera que se aporte a la evaluación técnico-económica del proyecto.

Todos los diseños realizados serán a nivel de detalle que permitan realizar la construcción de las obras.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

El Consultor deberá definir la Metodología para el desarrollo del Estudio, documento que se deberá entregar a la Interventoría para su aprobación. Detallando la información secundaria y primaria con que se realizará el estudio, los trabajos de campo, los procedimientos empleados para la obtención de los parámetros geomecánicos de los materiales, las metodologías empleadas para los cálculos geotécnicos y los criterios tenidos en cuenta en la elaboración de los estudios.

Se requiere visita técnica al sitio donde se ubica el punto crítico y su área de influencia de tal manera que se identifique los daños generados, la extensión, las características del sitio inestable, los materiales que lo componen de tal manera que se aporte a la evaluación técnico-económica del proyecto.

Dentro de la metodología se debe identificar e involucrar los análisis geotécnicos para los sitios críticos implicado. De tal manera que se consolide diagnóstico del punto de estudio definiendo, el estado de los taludes y caracterizando los sitios inestables o puntos críticos que se encuentren sobre este.

Se debe involucrar dentro de la metodología actividades para realizar dentro del volumen como mínimo las siguientes actividades:

- Delimitar y caracterizar las zonas inestables, contemplado el análisis de riesgo que generan puntos críticos.
- Realizar el estudio de viabilidad para el uso de materiales sostenibles, de tecnologías y/o sistemas de contención de remoción en masa.
- Definir el programa de actividades que conduzcan a la reducción del riesgo para puntos y/o zonas críticas.

- Proponer estructuras de construcción y procesos de estabilización, con verificación de aplicabilidad, para reducir la vulnerabilidad física como: rectificación geométrica, elementos de drenaje, elementos estructurales de refuerzo, muros de contención, protección superficial, etc.
- Generar requerimientos de equipos o sistemas de instrumentación y monitoreo para establecer un sistema de alerta temprana con la finalidad de reducir la vulnerabilidad física como: Piezómetros, Inclinómetros, Pluviómetros, Puntos de nivelación topográfica, Extensómetros, Sismógrafos, etc.

CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN

La información preliminar que debe recopilarse hace referencia a: Topografía y Diseño Geométrico, Geomática, Geología, Geomorfología, Hidrogeología, Geotecnia, Hidráulica, Hidrología, Estructuras, Gestión del riesgo Planos, y todo lo relacionado como estudios anteriores.

Se realizará especial búsqueda de información previa respecto a la existe de procesos inestables en el área, de tal manera, que permita concluir el proceso inestable como consecuencia de la intervención realizada o que existe desde la etapa constructiva del proyecto y corresponde a una reactivación del proceso inestable.

CAPÍTULO 4. DIAGNÓSTICO GEOTÉCNICO EN PUNTOS CRÍTICOS DE TALUDES

A partir los estudios geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos, caracterización geomecánica de suelos y rocas y teniendo en cuenta aspectos como pendientes del terreno, hidrología, cobertura vegetal y uso del suelo se determinarán caracterización geotécnica que permitan definir modelos geológicos –geotécnicos preliminares de las áreas que implican los puntos críticos.

Para tal efecto serán necesarias visitas técnicas del geólogo y del geotecnista al sitio del proyecto, que identificarán y corroborarán los resultados de la información existente. Se deben generar planos en escala 1:500 o 1:1000 de los puntos críticos y zonas inestables.

Para el caso de puntos críticos y zonas inestables, como resultado del reconocimiento de la zona, se establecerán las posibles causas de los fenómenos de inestabilidad y se analizará el problema de tal forma que se pueda establecer su mecanismo de falla, los factores detonantes y contribuyentes a la inestabilidad, y, a partir de éstos, definir un programa de actividades que conduzcan a proponer medidas preventivas, correctivas y contingentes adoptados como solución.

CAPÍTULO 5. PLAN DE EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO Y ENSAYOS

Se realizará un programa de investigación geotécnica a partir de las características del proceso inestable y las conclusiones de la visita técnica realizada al inicio del proyecto. Estas investigaciones serán directas con sondeos y recuperación de muestras cuya profundidad deberá ser tal que llegue al subsuelo por debajo de la subrasante proyectada y sobrepasando superficie de falla, cumpliendo en cantidad y profundidad con la normativa nacional vigente. Dentro de los ensayos de campo se debe evaluar el uso de SPT, CPT, CPTu, VST, Downhole, Crosshole, etc., que permitan caracterizar correctamente suelos y rocas del sitio.

Como complemento a estas investigaciones se podrán emplear métodos indirectos 2D o 3D (como sondeos geoeléctricos, MASW o líneas sísmicas) buscando el método que genere la menor incertidumbre para correlación geológica y geotécnica de acuerdo con las características del sitio.

Todos los sondeos realizados deberán quedar referenciados con coordenadas. En cada investigación se deberán realizar ensayos de penetración estándar (SPT) cada 1.50 m y donde la consistencia de los materiales lo permitan se recuperarán muestras inalteradas para la determinación de los parámetros de resistencia y deformabilidad del suelo.

Es necesario que el Consultor realice los trabajos de campo (perforaciones), con los equipos requeridos que garanticen la profundidad mínima de cada uno de los sondeos.

El Consultor deberá elaborar registros detallados de las perforaciones dejando registro de los horarios de trabajo, de localización espacial (coordenada x-y-z), el equipo utilizado, tipo de brocas, diámetro de tubería de perforación, tubería de revestimiento, materiales encontrados, niveles de agua encontrados, rendimientos obtenidos, personal empleado y registro de cualquier situación particular que se presente durante la operación debidamente diligenciados y firmados. Este documento deberá ser verificado en su contenido y aprobado por la Interventoría.

Cuando se identifique suelos con contenidos de agua alto o presencia de nivel freático, se deben instalar piezómetros de tubo abierto, con inspección y toma de datos rutinarios (mínimo uno (1) semanal) durante el plazo de elaboración de estudios y diseños. Lo anterior deberá ser propuesto y justificado por parte del Consultor y aprobado por la interventoría.

Sobre las muestras de suelo, se realizarán ensayos de laboratorio como mínimos: Granulometría y Límites de Atterberg, humedad natural, densidad, pesos unitarios, gravedad específica, de resistencia y deformación a lo largo del perfil del suelo entre otros. Con las muestras inalteradas se deberán realizar ensayos de corte directo. En roca, deberá determinarse el RQD y la resistencia a la compresión simple. Es de aclarar que los ensayos a realizar sobre la roca y suelo se deben determinar de acuerdo con las condiciones locales y proponer los ensayos que aporten a la caracterización de los materiales. Se requiere presentar un resumen de ensayos y el análisis realizado para la definición de parámetros geomecánicos.

Los ensayos se deben realizar mediante las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y los procedimientos de las Normas de Ensayos de Materiales para Carreteras del

INVÍAS vigentes a la fecha de los diseños. Para las pruebas no contempladas en las anteriores normas, se aplicarán los estándares de ICONTEC y ASTM, en este mismo orden.

CAPÍTULO 6. TOPOGRAFÍA EN PUNTOS CRÍTICOS

Para los puntos críticos se realizará el levantamiento topográfico, que abarque la zona afectada y se presentarán planos con curvas de nivel entre uno y cinco metros, según sea el caso. Dichos planos se harán a escala 1:500 o mayor, definiendo en ellos puntos de control topográfico de seguimiento del fenómeno, debidamente referenciados con mojones de concreto. Igualmente, se deberá indicar todo tipo de corrientes de agua existentes en la zona y la posición de la corona, sus flancos, pata y los escarpes principales y secundarios.

CAPÍTULO 7. RECOMENDACIONES Y OBRAS REQUERIDAS PARA LOS TALUDES DE CORTE EN PUNTOS CRÍTICOS

Para cada corte requerido se definirá la inclinación, geometría de los taludes, ancho de las bermas, altura de los bancos, terraplenes y/o terrazas que en conjunto cumplan con factores de seguridad apropiados contra deslizamientos en los puntos críticos o zonas inestables garantizando estabilidad (de acuerdo con la normatividad vigente). Igualmente se deben definir las obras adicionales requeridas tales como obras de contención (muros, anclajes, pernos, etc), zanjas de coronación, cunetas, filtros, drenes horizontales, entre otras, que mejoren la estabilidad local y general y den un adecuado manejo de las aguas superficiales y subsuperficiales. La definición de estas obras deberá estar basada en análisis técnicos y de estabilidad que fundamenten la necesidad de su utilización.

La definición de parámetros geomecánicos necesarios para realizar análisis de estabilidad estarán soportados en los resultados de la exploración de subsuelo, ensayos de laboratorio y de acuerdo con metodologías reconocidas para tal fin. En los puntos críticos o zonas inestables donde se identifiquen los límites de la zona fallada se podrán realizar análisis retrogresivos o retro-cálculo.

CAPÍTULO 8. RECOMENDACIONES Y OBRAS REQUERIDAS PARA LOS TERRAPLENES EN PUNTOS CRÍTICOS

A partir de los resultados de las investigaciones se definirán las condiciones de cimentación de los terraplenes la inclinación y geometría de los taludes, bermas y las obras adicionales requeridas tales como cunetas, filtros, drenes, que garanticen el adecuado manejo de las aguas superficiales y subsuperficiales con las cuales se tendrá la estabilidad deseada tanto del terraplén como del subsuelo o macizo portante.

CAPÍTULO 9. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN PUNTOS CRÍTICOS

Esta etapa tiene como objetivo realizar el estudio geotécnico, que defina el comportamiento geomecánico de las áreas implicadas por procesos morfodinámicos para la determinación de los parámetros que aplique a los análisis de estabilidad (estático, pseudoestático y retrocálculo), definiendo tipo, superficie y mecanismo de falla, y su respectivo factor de seguridad, coherente con la condición geotécnica del área involucrada.

Con base en lo anterior, se deberán recomendar las obras de estabilización definiéndose sus características morfológicas y geométricas, de tal manera que permitan su construcción. Del mismo modo deberán tenerse en consideración los aspectos ambientales inherentes a las condiciones de los puntos a estabilizar.

El Consultor deberá presentar las diferentes propuestas de solución para los sitios de inestabilidad identificados, y proponer desde el punto de vista técnico y económico, la alternativa más viable y diseñarla a nivel de detalle generando planos para construcción método constructivo y especificaciones técnicas. Dentro de las propuestas que realice el Consultor, se deben evaluar alternativas sostenibles para dar solución a los problemas de inestabilidad, prácticas de conservación de suelos, materiales naturales, revisión de su vida útil (adaptables a las condiciones puntuales del sitio con problemas), entre otras.

En este volumen para los puntos críticos y/o zonas inestables también se debe realizar zonificación básica de amenaza con la información de tipo secundaria (cartografía básica, modelo digital del terreno (MDT), y/o sensores remotos, registros de lluvias, registros de sismos, etc) y primaria (exploración, ensayos, perfiles topográficos, instrumentación, modelos, etc), teniendo presente factores como cobertura, uso del suelo, unidades de geología para ingeniería, Geomorfología, Hidrogeología. El Consultor puede realizar la respectiva modelación para la determinación de la zonificación de la amenaza, y a su vez, plantear soluciones ingenieriles para la zona de interés.

Los estudios en campo y posterior análisis también serán insumo para definir y entregar los diseños de cimentación para las diferentes alternativas de solución, así como las obras de contención, drenaje, y/o estabilización de taludes y/o complementarias a la propuesta de diseño (trabajo conjunto con los especialistas de geología, hidrología, estructuras, hidráulica). Las obras propuestas no deben ser vulnerables ante la posible condición de inestabilidad inherentes a la zona.

CAPÍTULO 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se debe concluir respecto al proceso de inestabilidad, sus dimensiones, materiales intervenidos, área de influencia, resultados de exploración de subsuelo, análisis de estabilidad realizados, obras de estabilización requeridas, plan de instrumentación y monitoreo a realizar.

Se deberá formular conclusiones que se relacionen con los objetivos y alcances enunciados, la base teórica y el diagnostico. El estudio deberá suministrar resultados y recomendaciones que permitan como mínimo:

- Identificar los parámetros, condiciones geomecánicas y calidad de los perfiles de suelo, roca y macizo rocoso, para análisis de estabilidad de cortes, terraplenes, para puntos críticos, ubicación de zonas de disposición de materiales excavación y sobrantes (ZODMES), rellenos, y fuentes de materiales sobre la zona.
- Ser un insumo fundamental para la actuación de otros especialistas indispensables en los estudios y diseños requeridos para un proyecto vial.
- Definir sistema de alerta temprana según plan de monitoreo e instrumentación geotécnica.

ANEXOS DEL VOLUMEN

Se deberá organizar en medio digital toda la información primaria y secundaria que haya sido utilizada para el desarrollo del presente Estudio. Así mismo, se deberá clasificar para fácil consulta, tanto por parte del Interventor y/o del INVÍAS, como por cualquier otra persona que se encuentre interesada en acceder a dicha información.

El Consultor deberá elaborar los planos a la escala indicada y los informes requeridos para el proyecto, considerando como mínimo los siguientes:

- Plano de localización de puntos críticos Escala 1:1.000.
- Plano de localización de puntos críticos en taludes Escala 1:500.
- Plano de localización de los sondeos. Escala 1:500.
- Informe de resultados de exploración realizada.
- Informe de resultados, con análisis descripciones, mapas, esquemas, conclusiones y recomendaciones.
- Registro de perforaciones, y registro fotográfico de cajas de muestras (Debidamente diligenciados y firmados por los responsables).
- Resultados de ensayos de laboratorio. Se incluye fotografías o esquemas de la falla obtenida en ensayos de resistencia.
- Memorias de cálculo, Memorias de estabilidad, Diseños de obras.
- Planos con los diseños de las obras recomendadas y cantidades de obra, (en planta y perfil) Escala 1:500.
- Entrega de insumos conforme a escala (mapa base topográfica, geológico, geomorfológico, hidrogeológico, pendientes, etc.) escala 1:500 a 1:1000.
- Fotografías panorámicas del punto, de la exploración de subsuelo y de las muestras obtenidas.
- Plano de localización de zonas de disposición de materiales excavación y sobrantes. Escala 1:2000.

Se hará entrega de toda la 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.

4.7. VOLUMEN VII. ESTUDIO DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE FUNDACIONES DE PUENTES Y OTRAS ESTRUCTURAS

Para el desarrollo del Informe de ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PUNTOS CRÍTICOS del presente volumen de manera general debe considerar como mínimo los siguientes capítulos:

CAPITULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES
CAPITULO 2. METODOLOGÍA
CAPITULO 3. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN
CAPITULO 4. TRABAJOS DE CAMPO
CAPITULO 5. ANÁLISIS DE SOCAVACIÓN
CAPITULO 6. ANÁLISIS GEOTÉCNICO
CAPITULO 7. CONDICIONES ESPECIALES DEL SUBSUELO
CAPITULO 8. OBRAS COMPLEMENTARIAS
CAPITULO 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
ANEXOS DEL VOLUMEN

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES

1.1 OBJETIVOS

Diseñar obras de estabilización junto con su cimentación para los puntos críticos identificados de tal manera que se evalué los sitios de aproximación, accesos, ponteaderos, apoyos y entorno del puente. Se requiere del diseño de la estructura de contención, drenaje y perfilamiento a nivel de detalle con entrega de plan de monitoreo.

Realizar diseños de detalle de las obras de estabilización para puntos críticos relacionado con ponteaderos, sitios de aproximación, accesos, apoyos y entorno del puente en y otras estructuras desde el punto de vista geotécnico.

Identificar la cantidad y frecuencia de las exploraciones, así como la caracterización detallada de los suelos y rocas en los sitios en que se ubicarán obras en el proyecto.

1.2 ALCANCES

Se requiere visita técnica al sitio donde se ubica el punto crítico y su área de influencia de tal manera que se identifique los daños generados, la extensión, las características del sitio inestable, los materiales que lo componen de tal manera que se aporte a la evaluación técnico-económica del proyecto.

A partir de los estudios geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos, físico-mecánico y geomecánicos, se establecen los parámetros geotécnicos de los suelos, rocas y macizo rocoso

de los sitios de aproximación, accesos, ponteaderos, apoyos y entorno del puente en detalle, con especial atención en sitios críticos, a fin de obtener los parámetros necesarios para la realización de los análisis de estabilidad. En los tramos de terraplén se requiere definir la condición del subsuelo para el diseño de su cimentación.

Las exploraciones que se lleven a cabo deberán ser suficientes para definir en cada estrato de los perfiles de suelo y roca como mínimo los siguientes parámetros: espesor de los estratos, clasificación, identificación y tipología de los suelos y rocas, propiedades geotécnicas (resistencia al esfuerzo cortante, deformabilidad, compresibilidad, rigidez, expansión o colapsabilidad). La cantidad y profundidad de las perforaciones, las pruebas de laboratorio por realizar deberán cumplir con las exigencias establecidas en la normativa nacional vigente para cada tipo de estructura proyectada.

Dentro de los ensayos de campo se debe evaluar el uso de SPT, CPT, CPTu, VST, Downhole, Crosshole, etc que permitan caracterizar correctamente suelos y rocas del sitio, Como complemento a estas investigaciones se podrán emplear métodos indirectos 2D o 3D (como sondeos geoeléctricos, MASW o líneas sísmicas)

Todos los diseños realizados serán a nivel de detalle que permitan realizar la construcción de las obras.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

El consultor deberá definir la Metodología para el desarrollo del Estudio, documento que se deberá entregar a la Interventoría para su aprobación. Detallando la información secundaria y primaria con que se realizará el estudio, los trabajos de campo, los procedimientos empleados para la obtención de los parámetros geomecánicos de los materiales, las metodologías empleadas para los cálculos geotécnicos y los criterios tenidos en cuenta en la elaboración de los estudios.

Dentro de la metodología se debe identificar e involucrar los análisis geotécnicos para puntos críticos relacionado con ponteaderos, sitios de aproximación, accesos, apoyos y entorno del puente, de tal manera que se consolide diagnóstico de la zona de estudio definiendo, el estado de los taludes y caracterizando los sitios inestables que se encuentren sobre estas áreas.

Se debe involucrar en la metodología actividades para ser tratadas dentro del volumen correspondiente, referentes como mínimo a las siguientes actividades:

- Delimitar y caracterizar las zonas inestables, procesos morfodinámicos y contemplado el análisis de riesgo para puntos críticos relacionado con ponteaderos, sitios de aproximación, accesos, apoyos y entorno del puente.
- Realizar el estudio de viabilidad para el uso de materiales sostenibles, de tecnologías y/o sistemas de contención de remoción en masa.

- Definir el programa de actividades que conduzcan a la reducción de las amenazas y el riesgo en los puntos críticos relacionado con ponteaderos, sitios de aproximación, accesos, apoyos y entorno del puente.
- Proponer estructuras de construcción y procesos de estabilización, con verificación de aplicabilidad, para reducir la vulnerabilidad física, como: rectificación geométrica, elementos de drenaje, elementos estructurales de refuerzo, muros de contención, protección superficial, etc.
- Generar requerimientos de equipos o sistemas de instrumentación y monitoreo para establecer un sistema de alerta temprana con la finalidad de reducir la vulnerabilidad física y funcional, como: Piezómetros, Inclinómetros, Pluviómetros, Puntos de nivelación topográfica, Extensómetros, Sismógrafos, etc.
- Economía circular de sobrantes para disminuir la disposición de estos de forma sostenible.

CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN

La información preliminar que debe recopilarse hace referencia a: Topografía y Diseño Geométrico, geomática, Geología, geomorfología, hidrogeología, geotecnia, Hidráulica, Hidrología, Estructuras, Gestión del riesgo Planos, y todo lo relacionado como estudios anteriores.

Se realizará especial búsqueda de información previa respecto a la existe de procesos inestables en el área, de tal manera, que permita concluir el proceso inestable es consecuencia de la intervención realizada o si existe desde la etapa constructiva del proyecto y corresponde a una reactivación del proceso inestable.

CAPÍTULO 4. TRABAJOS DE CAMPO

Se requiere visita técnica al sitio donde se ubica el punto crítico y su área de influencia de tal manera que se identifique los daños generados, la extensión, las características del sitio inestable y los materiales que lo componen. Además, concluir respecto a la tipología de obra requerida para la estabilización del proceso inestable. A partir de estas conclusiones se plantea la topografía y exploración requerida.

La definición de la ubicación de los sitios de exploración para puntos críticos relacionado con ponteaderos, sitios de aproximación, accesos, apoyos y entorno del puente, deberá hacerse de manera conjunta con el desarrollo del estudio geológico. Por cada unidad de subestructura[2] debe realizarse una perforación. Es decir, se debe hacer un sondeo o perforación por estribo y por apoyo del puente.

[2] lugares del puente que recibe las cargas de la superestructura y las trasmite a las fundaciones).

La profundidad y cantidad de las perforaciones deberá ser tal que permita recomendar de manera apropiada las condiciones de cimentación y deberá cumplir con lo definido en la normativa nacional vigente. Se debe tener en cuenta la exploración existente de estudios o diseños previos para optimizar el tipo y ubicación de exploración de subsuelo.

En cada investigación además de los métodos exploración directa e indirecta incluir ensayos de penetración estándar (SPT) cada 1.50 m y donde la consistencia de los materiales lo permitan se recuperarán muestras alteradas e inalteradas para la identificación y determinación de los parámetros de resistencia y deformabilidad del suelo en laboratorio.

Todos los sondeos (perforaciones, apiques, trincheras, sondeos geofísicos, entre otros) utilizados para investigar el subsuelo, deberán ser georreferenciados y ligados a la red MAGNA-SIRGAS. Se deberá anexar todos los registros de perforación debidamente georreferenciados en cuanto a cotas y coordenadas.

Se deberá evaluar el uso de CPT, CPTu, presurometro, etc y tecnologías recientes en exploración directa que apliquen al proyecto y brinden información de calidad respecto a las características de los materiales del sitio.

El consultor deberá elaborar registros detallados de las labores de perforación incluyendo: horarios y fecha de trabajo, equipo utilizado, tipo de brocas, diámetro de tubería de perforación, tubería de revestimiento, materiales encontrados, niveles de agua encontrados, rendimientos obtenidos, personal empleado, y registro de cualquier situación particular que se presente durante la operación; todos los soportes y documentación debidamente firmada. Este documento deberá ser verificado en su contenido y aprobado por la Interventoría.

4.1 ENSAYOS DE LABORATORIO

Deberán realizarse los ensayos de laboratorio como mínimo: Granulometría y Límites de Atterberg, humedad natural, gravedad específica, densidades; de resistencia; compresibilidad y deformación a lo largo del perfil del suelo. Para el caso de rocas se requiere ensayos de compresión simple cuando se lleve el nivel de cimentación hasta estos niveles. Los listados anteriormente serán complementados con todos los ensayos que permitan la correcta caracterización de los materiales y definir características especiales del subsuelo.

Con las muestras representativas (alteradas e inalteradas) los ensayos de laboratorio requeridos para la correcta caracterización de los materiales, de conformidad con las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y los procedimientos de las Normas de Ensayos de Materiales para Carreteras del INVÍAS vigentes a la fecha de los diseños. Para las pruebas no contempladas en las anteriores normas, se aplicarán los estándares de ICONTEC y ASTM, en este mismo orden.

4.2 PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Las muestras de suelo deberán clasificarse utilizando el sistema de clasificación de suelos (USCS y AASTHO) y las rocas se describirán siguiendo los procedimientos petrográficos, incluyendo grado de fracturamiento y demás información útil desde el punto de vista de ingeniería, condensándola mediante los perfiles estratigráficos. Se deberá realizar una caracterización geomecánica del proyecto de los macizos rocosos. Se debe complementar y presentar el detalle del perfil estratigráfico por apoyo y a lo largo de otras estructuras.

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE SOCAVACIÓN

Para este tipo de análisis se debe resumir los resultados de los estudios: geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos hidrológicos, hidráulicos, de amenaza, registros e instalación de instrumentación geotécnica (limnígrafo, vertedero de pared delgada, entre otros), contenidos en el volumen correspondiente y resumen de los resultados en cuanto a socavación general y socavación local del cauce, sitio de ponteaderos y riveras contiguas para puntos críticos. La socavación calculada y su respectivo análisis se tendrá en cuenta para verificar y definir el sistema de cimentación y su profundidad. Es importante que se tenga claridad del perfil de socavación en puntos críticos relacionado con ponteaderos, sitios de aproximación, accesos, apoyos y entorno del puente.

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS GEOTÉCNICO

En el análisis geotécnico requiere definir la cimentación, de los puntos críticos, relacionado con ponteaderos, sitios de aproximación, accesos, apoyos y entorno del puente según se requiera, recomendando la solución más viable, indicando como mínimo: tipo, capacidad portante, y deformación, características geométricas y profundidad de la cimentación. Lo anterior basado en los resultados de nuevas solicitaciones en cuanto a cargas respecto a los diseños iniciales y además contemplando lo descrito en la normativa vigente (en cuanto a cargas).

Las cargas obtenidas del análisis y la combinación de estas a nivel de fundación se emplearán para los diseños y elementos de cimentación siguiendo los requisitos propios del material estructural y los criterios geotécnicos establecidos a partir del plan de exploración e instrumentación geotécnicos. Se deberán anexar las memorias de cálculo, incluyendo gráficas y toda aquella información de soporte.

El estudio geotécnico incluye además el análisis de estabilidad de las estructuras de contención, así como el análisis sísmico de cada una. En el caso de cimentaciones profundas se deberá efectuar un análisis de resistencia frente a cargas laterales.

Propuesta de recomendaciones y condiciones requeridas para garantizar las excavaciones temporales y permanentes durante la implantación de la estructura, y se realizará el diseño de detalle de las obras de contención requeridas para tal fin, de igual manera, se generarán los respectivos planos (de detalle) para construcción y método constructivo.

CAPÍTULO 7. CONDICIONES ESPECIALES DEL SUBSUELO

En caso de que se detecten situaciones especiales del suelo de fundación, la presencia de suelos orgánicos, dispersivos expansivos, suelos susceptibles a licuación, actividad o cualquier otro estado que implique inestabilidad en la estructura, se indicará su ubicación espacial y el espesor del estrato; así mismo, se proporcionarán las recomendaciones para el tratamiento adecuado de este tipo de suelo con el fin de mejorar su resistencia y estabilidad. Dentro de la metodología se debe incluir los ensayos y metodologías a utilizar para evaluar las condiciones especiales de subsuelo.

Igualmente será necesario determinar las condiciones requeridas para garantizar la estabilidad de las excavaciones temporales y permanentes para la implantación de la estructura proyectada, incluyendo las obras de contención que se requieran para tal fin.

CAPÍTULO 8. OBRAS COMPLEMENTARIAS

Se recomendarán respecto a norma obras complementarias que sean requeridas para el adecuado funcionamiento de la estructura que incluirá: diseño final, parámetros para diseño estructural, planos requeridos para construcción y método constructivo.

CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se requiere concluir respecto al proceso inestable existente, su área de influencia, la descripción realizada a partir de la visita de campo y referenciar las obras de estabilización requeridas para el proceso inestable.

Se presentarán en forma sucinta, las características físicas del suelo y las rocas, los parámetros de resistencia al corte y deformación utilizados en el diseño al igual que los resultados alcanzados en el estudio referentes a: tipo, profundidad y cota de cimentación, dimensiones y número de elementos, magnitud de la profundidad de socavación, capacidad portante y parámetros de deformación vertical y horizontal.

Se darán recomendaciones del proceso constructivo y de cualquier otro aspecto que se considere conveniente para cumplir satisfactoriamente con el objetivo del proyecto.

Se deberá dejar explícitamente las recomendaciones para el respectivo monitoreo a través de instrumentación en cada una de las estructuras proyectadas. Dentro de la definición de instrumentación se debe involucrar la periodicidad del monitoreo, rangos de mediciones y actividades a realizar de acuerdo con cada uno de estos rangos.

Definir sistema de alerta temprana según plan de monitoreo e instrumentación geotécnica.

ANEXOS DEL VOLUMEN

Se deberá organizar en medio digital toda la información secundaria y primaria que haya sido utilizada para el desarrollo del presente Estudio. Así mismo, se deberá clasificar para fácil consulta, tanto por parte del Interventor y/o del INVÍAS, como por cualquier otra persona que se encuentre interesada en acceder a dicha información.

El consultor deberá elaborar los planos a la escala indicada, y los informes requeridos para el proyecto, considerando como mínimo los siguientes:

- Plano de localización de puntos críticos Escala 1:1.000.
- Plano de localización de puntos críticos en taludes Escala 1:500.
- Informe de resultados de exploración realizada.
- Informe de resultados con análisis descripciones, mapas, esquemas, análisis estabilidad y estabilización para puentes y otras estructuras. conclusiones y recomendaciones.
- Plano de localización de los sondeos. Escala 1:500.
- Registro de perforaciones y registro fotográfico de cajas de muestras. (debidamente diligenciados y firmados por los responsables).
- Resultados de ensayos de laboratorio. Se incluye fotografías o esquemas de la falla obtenida en ensayos de resistencia.
- Memorias de cálculo, Memorias de estabilidad y Diseños de obras.
- Planos con los diseños de las obras recomendadas y cantidades de obra, (en planta y perfil) Escala 1:500.
- Entrega de insumos conforme a escala (mapa base topográfica, geológico, geomorfológico, hidrogeológico, pendientes, etc) escala 1:500 a 1:1000.
- Fotografías panorámicas del punto, de la exploración de subsuelo y de las muestras obtenidas.
- Plano de localización de zonas de disposición de materiales excavación y sobrantes. Escala 1:2000.

Se hará entrega de toda la 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.

4.8. VOLUMEN VIII. ESTUDIO DE HIDROGEOLOGÍA PARA INGENIERÍA

Para el desarrollo del Informe de ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PUNTOS CRÍTICOS del presente volumen de manera general debe considerar como mínimo los siguientes capítulos:

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES
CAPITULO 2. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO
CAPITULO 3. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE HIDROGEOLOGÍA
CAPITULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
ANEXOS

CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES

1.1 OBJETIVO

Realizar la caracterización hidrogeológica del sitio crítico que se va a intervenir, incluyendo modelo conceptual y numérico de detalle, a partir de la información geológica y geomorfológica disponible, los estudios de campo requeridos y las campañas de exploración geotécnica y/o geofísica y análisis detallado.

1.2 ALCANCES

Realizar el análisis y evaluación semi detallado y detallado del sitio crítico a escala 1:5.000 - 1:2.000 - 1:1.000 o 1:500; la escala del estudio dependerá del tamaño, las características y complejidades que presente la zona. Comprenderá mínimo la investigación hidrogeológica para ingeniería que se encuentra incluida en el presente documento, pero el Consultor o la Entidad pueden agregar la información y datos que consideren importantes para el desarrollo de este.

Los estudios hidrogeológicos realizados, estarán sujetos a que se realicen ajustes posteriores relacionados con el cambio de la normatividad técnica aplicable, o a los cambios en las condiciones físicas del corredor geotécnico asociadas a fenómenos naturales como sismos, fuertes periodos de lluvias y/o actividades antrópicas que desencadenen respuestas morfodinámicas en los suelos y rocas. Los alcances de esta etapa son:

- Realizar el informe del marco hidrogeológico de detalle del sector donde se encuentra ubicado el sitio crítico, a partir de fotointerpretación y geomática, reconocimientos de campo, exploración geotécnica y geofísica, para obtener los modelos hidrogeológicos (conceptual y numérico) de detalle a escala 1:2.000.

- Realizar el mapa hidrogeológico de semi detalle a escala 1: 5.000 y detalle a escala 1: 2.000 - 1:1.000 o 1:500, donde se delimiten unidades con características de comportamiento hidrogeológico similar, puntos de agua subterránea, zonas de recarga, tránsito, descarga, redes y direcciones estimadas de flujo del agua subterránea.

- Determinar en el sitio crítico la posición del nivel freático, red y dirección de flujo del agua subterránea, con análisis y definición de su posible contribución a desestabilizar la zona. En caso afirmativo, en conjunto con los demás profesionales participantes, especificar las medidas necesarias para solucionar la situación.

- Recopilar y revisar la información del subsuelo proveniente de los apiques, trincheras, perforaciones, exploración geofísica y demás procedimientos normalizados que permitan obtener las principales variables hidrogeológicas.

- Generar la cartografía hidrogeológica a escala 1:2000, 1:1000 o 1:500 del sitio crítico, con el fin de dar las recomendaciones respectivas para definir las soluciones y lograr el adecuado desarrollo del proyecto en el sector.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

Las etapas básicas para la generación del estudio hidrogeológico son: recopilación de información secundaria relacionada; levantamiento de información primaria, definición del marco hidrogeológico de detalle, delimitación y caracterización de unidades hidrogeológicas, así como la elaboración de los mapas, perfiles y modelos hidrogeológicos.

Para las actividades que se adelanten, se seguirá la siguiente metodología:

Se debe recopilar **información secundaria** que permita reconocer rasgos litológicos, geomorfológicos y estructurales para ser usados en el análisis, y realizar la búsqueda de la información asociada al sitio crítico.

Se debe realizar el modelamiento y análisis de la **Fotointerpretación** y geomática (sensores remotos) de las imágenes y fotografías a nivel de detalle, unidades geológicas conforme a estrato o capa, elementos geomorfológicos, y con base en los sensores remotos disponibles en el área de estudio y/o a partir del modelo digital del terreno (MDT), definiéndose las alturas relativas (índice de relieve) y la pendiente del terreno, información importante para ir delimitando las áreas que presentan formas y características homogéneas.

Etapa de campo o verificación en campo de los rasgos hidrogeológicos, inventario de puntos de agua subterránea (pozos, aljibes, manantiales) en formato FUNIAS, delimitación de zonas hidrogeológicas homogéneas y obtención de insumos para mapas de detalle.

Elaboración de los mapas a partir de la cartografía básica, el modelo digital del terreno (MDT), los sensores remotos y la recolección sistemática de datos en campo.

Finalmente se prepara una **síntesis de los resultados o informe hidrogeológico** con los documentos de trabajo, cartográficos, geomáticos y fotográficos interpretados.

CAPÍTULO 3. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE HIDROGEOLOGÍA

Los estudios de Hidrogeología para sitios críticos incluyen los aspectos referentes a la investigación cuyo alcance y metodología se describen en los siguientes numerales de este documento.

3.1 RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA:

Incluye información del Servicio Geológico Colombiano (SGC), IDEAM, IGAC, INVEMAR, INVÍAS, ANI, ANLA, Corporaciones Autónomas, universidades, entre otras entidades, que permita alimentar con datos un análisis de orden regional.

3.1.1 FOTOINTERPRETACIÓN Y TRATAMIENTO DE IMÁGENES DE SATÉLITE (GEOMÁTICA):

El uso de esta herramienta permite identificar las zonas de interés que luego deberán ser corroboradas en campo. Esta fase es de vital importancia en zonas con accesos limitados. Se deben consultar las mayores fuentes de datos posibles como IDEAM, IGAC, SGC, NASA, etc.,

para realizar análisis multitemporales, las imágenes y/o fotografías aéreas deben corresponder a periodos de tiempo de treinta años o más, que faciliten el monitoreo, análisis y evaluación de los cambios que se han presentado en el territorio, mediante técnicas de procesamiento digital de imágenes y fotointerpretación.

Permite identificar de manera preliminar unidades hidrogeológicas y posibles sitios de afloramiento de agua subterránea, que luego deben ser verificados en campo.

3.2 ESTUDIO DE PUNTOS CRÍTICOS Y ZONAS INESTABLES

Para el conocimiento general de la zona donde se encuentra ubicado el sitio crítico se debe elaborar un mapa hidrogeológico a escala 1:5.000 de semi detalle, a partir de los datos recolectados como información secundaria y las visitas de campo.

Se realizarán las descripciones geológicas e hidrogeológicas detalladas de los afloramientos, apiques, trincheras, perforaciones corazonadas (suelo y roca) surgencias, humedales, etc. Para ampliar la investigación del subsuelo se pueden realizar sondeos eléctricos verticales (SEV), tomografía eléctrica, líneas sísmicas de refracción, sondeos con georradar, perforaciones corazonadas, entre otros.

Se preparará a nivel de afloramiento un informe hidrogeológico que contenga unidades hidrogeológicas, manantiales y demás características del agua subterránea en la zona.

Se presentará mínimo un corte o los cortes hidrogeológicos necesarios, longitudinales y transversales del corredor donde se incluya la posición de la vía, se integrará toda la información del subsuelo obtenida con los estudios geofísicos y las perforaciones para la elaboración de dicho corte.

Las estaciones de campo deberán ser georreferenciados en el origen nacional en cumplimiento de la Resolución 471 de 2020 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) por el que se establece un sistema de proyección cartográfico con un único origen para Colombia.

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Consultor o la Entidad presentarán conclusiones que se pueden extraer del tratamiento de datos obtenidos durante el desarrollo del trabajo sobre el corredor geotécnico que se haya evaluado, y las recomendaciones para la siguiente etapa. En las conclusiones se debe presentar y plantear de forma clara y concisa los resultados de toda la investigación hidrogeológica adelantada en el corredor, incluyendo entre otras:

- Modelo hidrogeológico conceptual del sitio con la definición y clasificación de las unidades hidrogeológicas, los tipos de acuíferos, direcciones, redes de flujo y la definición de las zonas de recarga, tránsito y descarga.

- Con el inventario de los puntos de aguas subterráneas (manantiales, pozos profundos y aljibes) encontrados en campo, definir su posible afectación o injerencia en la inestabilidad del sitio.

- Definir la eventual influencia del agua subterránea en la inestabilidad del sitio estudiado.

- El modelo hidrogeológico numérico realizado, deberá incluir simulaciones del comportamiento del agua subterránea antes y después de construir las obras.

Así como las recomendaciones correspondientes a los aspectos tratados y aquellas que deban ser tenidas en consideración durante la fase de construcción para estabilización del punto crítico.

ANEXOS

Se deberá organizar en medio digital toda la información producida y referenciar la información secundaria que se haya utilizado. De igual manera, se deberá clasificar para fácil consulta, tanto por parte del Interventor y/o del INVÍAS, como por cualquier otra persona que se encuentre interesada en acceder a dicha información.

El Consultor deberá elaborar los planos a la escala indicada e informes requeridos para el proyecto, considerando como mínimo los siguientes:

Productos generados para los sitios críticos:

Informe Hidrogeológico del sitio crítico que incluya:

- Modelo Hidrogeológico Conceptual y numérico de semi detalle y detalle.
- Mapa Hidrogeológico de semi detalle a escala 1:5.000.
- Mapa de estaciones de campo a escala 1:10.000.
- Mapa Hidrogeológico de detalle, a escala 1:2000, 1:1000 o 1:500.
- Perfil (o perfiles) hidrogeológico(s) de detalle a escala 1:2000, 1:1000 o 1:500.
- Mapa de localización de Apiques y Trincheras, Perforaciones, Sondeos Eléctricos, Líneas Sísmicas de Refracción, Sondeos de Georradar, entre otros, en caso de que se hayan realizados para la zona del sitio crítico, a escala 1:10.000.
- Registro y resultados de interpretación de Sondeos Eléctricos, Líneas Sísmicas de Refracción, Sondeos de Georradar, entre otros, realizados para la investigación del sitio crítico.
- Registro de Perforaciones realizadas para la investigación del punto crítico.
- Conclusiones y recomendaciones.

4.9. VOLUMEN IX. HIDRÁULICA, HIDROLOGÍA Y SOCAVACIÓN

Para el desarrollo del Informe de ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PUNTOS CRÍTICOS del presente volumen de manera general debe considerar como mínimo los siguientes capítulos:

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES
CAPITULO 2. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS
CAPITULO 3. DISEÑOS HIDRÁULICOS
CAPITULO 4. ESTUDIOS DE SOCAVACIÓN
CAPITULO 5. RESULTADOS Y MEMORIAS DE CÁLCULO

CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES

1.1 OBJETIVO

El Consultor efectuará los estudios y diseños de hidrología, hidráulica y de socavación, requeridos para diseñar las obras de drenaje menores, de protección y subdrenajes asociadas a las obras de estabilización recomendadas para los puntos críticos, tales como inestabilidad de taludes, inestabilidad en bancas por movimientos en masa o procesos de socavación, planicies de inundación, avalancha de escombros, etc.

1.2 ALCANCES

- Realizar el inventario de los puntos críticos de la vía.
- Obtener la información existente
- Identificar los sectores en los cuales se presentan los puntos críticos
- Establecer las obras hidráulicas requeridas para la mitigación del punto crítico.

CAPÍTULO 2. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

2.1 OBJETIVO

El objetivo del estudio de hidrología consiste en la determinación de los caudales de diseño, para distintas probabilidades de ocurrencia, en cada una de las cuencas o microcuencas que vierten al sitio, así como el análisis y determinación de los elementos o variables hidrológicas que se requieren en las diferentes disciplinas que abarca un proyecto para los estudios y diseños de puntos críticos.

2.2 CITERIOS DE DISEÑO

- **Criterios de cambio climático**

Los estudios y análisis hidrológicos deben considerar el impacto del cambio climático en las precipitaciones máximas y sus efectos en los caudales máximos y precipitaciones detonantes en derrumbes o deslizamientos, así como la ocurrencia de fenómenos climatológicas extremos que puedan amenazar el entorno y las obras que conforman la infraestructura del corredor vial, como huracanes, marejadas, granizadas, etc.

Para la incorporación en los Estudios de este criterio de análisis, el Consultor propondrá la metodología a emplear, acorde a los avances en la materia a nivel nacional y al MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS del INVÍAS o el equivalente que se encuentre vigente a la fecha de los estudios. Dicha metodología deberá ser aprobada por la Interventoría y el INVÍAS.

2.3 TOMA DE INFORMACIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA

Para fines de los estudios de hidrología, se debe considerar información de orden primario y secundario, la cual como mínimo debe consistir en lo siguiente:

2.3.1. INFORMACIÓN PRIMARIA

Inspección de campo

- Actividad en la cual se evaluarán las condiciones de drenaje del punto crítico y de las corrientes en la zona de afectación, para la consecución de elementos que permitan la recopilación y análisis de la información secundaria.
- Se efectuarán recorridos por las cuencas y microcuencas con el fin de verificar la veracidad de la cartografía y ortofotos existentes, así como sus características de suelos y coberturas vegetales.
- Se evaluará la presencia de proyectos existentes en el área de influencia directa del sitio crítico que afecten las características hidráulicas de las corrientes de agua aferentes al sitio.

2.3.2. INFORMACIÓN SECUNDARIA

Análisis y Recopilación de la Información Existente

El consultor presentará una investigación en relación con la información existente, recopilando todo lo referente a estudios previos que aporten un conocimiento del clima, suelos, vegetación, comportamiento de obras existentes y próximas que se estén proyectando en cercanías del punto crítico, etc., incluido lo consignado en los estudios de las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR ´s), el Instituto de Estudios Ambientales, IDEAM), cartográfica y de suelos (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) y en el POT de la zona de influencia de las obras.

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 INVÍAS vigente a la fecha de los estudios. El Consultor deberá utilizar la cartografía oficial del IGAC o SHAPES de la red hidrográfica disponibles a escala 1:25.000 o 1:100.000 para definir las cuencas y los parámetros morfométricos de las corrientes que atraviesan el corredor, calcular las áreas, longitud y pendiente del cauce principal.

Adicionalmente el Consultor podrá utilizar aerofotografías, imágenes satelitales, Cartografía Aérea Digital y modelos de elevación digital (DEM). Sin embargo, bajo ambiente ARC GIS o similar, estos últimos (DEM) se podrán utilizar como complemento a la cartografía IGAC, siempre y cuando la resolución (píxeles) del dato ráster sea lo suficientemente fino (igual o inferior a 12.5 x 12.5 m) para definir la red de corrientes aferentes al punto crítico.

Registros Hidroclimatológicos

Se obtendrán los registros de las estaciones hidrometeorológicas existentes en el área del proyecto, completos y sin limitarse a los últimos años. En todo caso el consultor debe asegurar que la serie histórica analizada presente registros de los años en que se haya presentado las mayores olas invernales en el país por los fenómenos inducidos por el cambio climático.

Cuando la zona cuenta con una buena información pluviométrica y pluviográfica, es posible identificar los períodos de lluvia, su distribución espacial y temporal, y cuantificar la relación intensidad-duración o los volúmenes de agua que han caído como precipitación en épocas que coincidan con la ocurrencia de deslizamientos, avalanchas e inundaciones. A su vez, los eventos críticos que se registra en la zona reflejan el efecto de las lluvias y permite relacionarlo con la intensidad y duración de la precipitación que lo originó.

Suelos y Cobertura Vegetal

En caso de que el Consultor emplee métodos lluvia-escorrentía en la obtención de caudales máximos, deberá realizar la caracterización de los suelos y coberturas vegetales de las cuencas, de manera que se justifiquen los coeficientes de pérdidas de precipitación asignados.

2.4 METODOLOGÍA

El consultor deberá presentar la metodología y las ecuaciones para la modelación hidrológica, sustentando la selección del software utilizado, de acuerdo con lo descrito en el MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS del INVÍAS o el equivalente que se encuentre vigente a la fecha de los estudios.

La metodología debe contener como mínimo los siguientes aspectos:

- Análisis climatológicos del área aferente al sitio considerando los análisis temporales y espaciales de los parámetros más relevantes entre otros precipitación, temperatura y humedad relativa, etc.
- Determinar la localización de las obras de drenaje menores y subdrenaje asociadas al sitio, como resultado del análisis de las condiciones topográficas, geomorfológicas, hidráulicas y de diseño geométrico y geotécnico del corredor o sector vial. La georreferenciación, abscisado y los niveles de las obras de drenaje menores deberán presentarse en concordancia con las rasantes y planta del diseño geométrico.
- Con estos estudios se determinará las cuencas, subcuencas y/o drenajes aferentes al sitio, analizando las características de las cuencas como son área, longitud y pendiente del cauce principal, uso actual y tipo de suelo entre otros.
- Así mismo, se definirán, las curvas intensidad duración frecuencia (IDF) aplicables a cada una de las cuencas y/o corrientes y se calcularán los caudales hasta el sitio aproximado de cruce, con los cuales se diseñarán el sistema de drenaje requerido.

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 justificar las ecuaciones utilizadas estableciendo sus ventajas y criterios de selección.

Se presentarán los resultados intermedios y finales de las metodologías de cálculo empleadas en los análisis de los fenómenos de lluvia, caudal, etc., indicando finalmente el método de predicción y valores adoptados. Esta labor es de importancia, puesto que cuantifica un fenómeno que incide directamente en el dimensionamiento de las obras.

2.4.1 ANÁLISIS DE LLUVIAS Y CLIMATOLÓGICO

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.

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 otras podrá utilizar la de tipo Gumbel y Log-Pearson Tipo III, que para el caso de valores extremos que son las distribuciones más utilizadas en el ámbito hidrológico.

El Consultor deberá calcular las Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia para la aplicación del método racional cuyo uso está limitado a cuencas con área de drenaje hasta de 2.5 Km2. Estas se pueden deducir para diferentes periodos de retorno ya sea por el método simplificado establecido en el MANUAL DE DRENAJE DE CARRETERAS del INVÍAS vigente a la fecha de los estudios, o a partir de los registros pluviográficos (pluviogramas) de la estación pluviográfica representativa del proyecto. La determinación de los periodos de retorno con los cuales se deben calcular las obras hidráulicas está en función del tipo de estructura y de lo establecido en el MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS del INVÍAS o su equivalente que se encuentre vigente al momento de los estudios.

- Hidrología para análisis de estabilidad de taludes en zonas críticas

Con la información climatológica definida, y si así se requiere para el análisis de taludes, el Consultor deberá evaluar los aspectos de precipitación que detonen las condiciones de las zonas de inestabilidad de los taludes naturales determinados en los volúmenes de Geología y Estabilidad de taludes, utilizando la metodología más representativa para las condiciones locales, la cual deberá ser aprobada por la Interventoría y el INVÍAS.

- Hidrología para sostenibilidad

Adicionalmente, el Consultor evaluara los aspectos hidrológicos que proporcionen información referente a cambio climático y eventos extremos, en el marco de los estudios de sostenibilidad.

2.4.2 ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS

En el caso que la corriente a analizar disponga de una estación hidrométrica con registros históricos de caudales máximos instantáneos, el Consultor deberá realizar el análisis de frecuencias o probabilidad de ocurrencia de eventos, obteniendo los valores máximos de caudal para diferentes periodos de retorno. Para tal efecto se debe realizar el análisis estadístico de datos hidrológicos y utilizar las distribuciones de probabilidad que más se ajusten a la información. Podrá utilizar entre otras, la de tipo Gumbel y Log-Pearson Tipo III, las cuales son las más utilizadas en el ámbito hidrológico para valores extremos.

En aquellos casos donde la estación hidrométrica sobre la corriente de agua aferente al punto crítico no se encuentre en el sitio, sino en la misma hoya hidrográfica, en otra ubicación, el Consultor podrá realizar transposición de datos de caudal 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.
Se presentarán las relaciones lluvia- caudal en el supuesto que existan registros para determinar coeficientes de escorrentía.

En ausencia de registros de caudales en las corrientes cruzadas por el corredor vial, los caudales de diseño para los diferentes periodos de recurrencia se obtendrán a partir de modelos lluvia – escorrentía, análisis regional de caudales máximos instantáneos anuales aplicando metodologías debidamente soportadas y que utilicen al máximo parámetros físico-climáticos de la región.

Los caudales de diseño para cada fuente 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 Métodos de Regionalización de Crecidas elaborados específicamente para el proyecto, por Entidades Públicas o de investigaciones académicas. En todos los casos el método seleccionado deberá cumplir con las limitaciones de uso con que fue concebido, así como con la restricción del área de la cuenca establecido en el Manual de Drenaje de Carreteras del INVÍAS, que se encuentre vigente.

La aplicación de cualquiera de las anteriores metodologías debe reflejar los criterios de cambio climático considerados por el Consultor.

El Consultor además de utilizar como documento guía el MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS del INVÍAS, que se encuentre vigente en el momento de los estudios, podrá utilizar otras referencias bibliográficas como el HDS-2 Highway Hydrology de la FHWA, Model Drainage Manual de la AASHTO, Design Manual for Storm Drainage de la ASCE, entre otras.

CAPÍTULO 3. DISEÑOS HIDRÁULICOS

3.1 OBJETIVO

El objeto de los estudios hidráulicos es el diseño de las estructuras hidráulicas para captación, transporte y disposición eficiente de los caudales superficiales obtenidos en el estudio hidrológico, así como de los caudales subsuperficiales, que puedan afectar o afecten la estabilidad de la vía.

3.2 CRITERIOS DE DISEÑO

Adicional a los criterios de capacidad hidráulica propiamente, para el análisis y dimensionamiento de obras es necesario considerar los siguientes criterios:

- Criterios de sostenibilidad

En los diseños hidráulicos se deberán considerar los criterios de sostenibilidad, tales como pasos de fauna y otros que sean factibles de implementar relacionados con los lineamientos nacionales de la Infraestructura Verde Vial.

- Criterios para estabilidad geotécnica de taludes

Para los taludes y sitios críticos y/o zonas inestables en el corredor objeto de estudio, se deberán proyectar todas aquellas obras de drenaje requeridas para el control y disposición de aguas de escorrentía y subsuperficiales, así como determinar la posible socavación causada por cursos de agua paralelos a la vía.

- Criterios para zonas inundables

A partir de análisis geomorfológicos y análisis hidráulicos, el Consultor deberá establecer los niveles máximos en zonas de cruce y la socavación donde la vía se desarrolle paralela a corrientes de agua. Los niveles máximos deberán corresponder a un período de retorno aprobado por la Interventoría y el INVÍAS.

- Criterios para avalanchas

En aquellos puntos críticos, asociados con avalanchas, se deberán establecer las características hidrológicas y los factores de la dinámica del agua con solidos que se desliza ladera abajo, que permitan definir las dimensiones y ubicación del sistema de drenaje, en función de la seguridad, amenaza y posible vulnerabilidad de la infraestructura vial, para limitar de manera adecuada estas tres (03) últimas condiciones. Por otra parte, debe establecer a través del diseño el manejo de escorrentía superficial y flujo subsuperficial para garantizar la estabilidad del sistema de drenaje y estructuras complementarias a dicho sistema.

- Criterio por socavación y perdida de banca

En los sectores en donde la vía se vea afectada por los efectos de la socavación y/o en donde se presente la perdida de banca, se deberán proyectar todas aquellas obras de drenaje

requeridas para el control y disposición de aguas de escorrentía y subsuperficiales, así como determinar la posible socavación causada por cursos de agua paralelos a la vía.

3.3 INFORMACIÓN BASE

3.3.1 INFORMACIÓN PRIMARIA

Sistema de Drenaje
El caso de movimientos en masa, se requiere conocer las obras de estabilización hidráulica, propuestas por el especialista en geotecnia, tal que los estudios y diseños hidráulicos, se orienten específicamente a las estructuras hidráulicas propuestas para la estabilización del talud
Levantamiento Batimétrico para Avalanchas y Perdida de Banca por Socavación Fluvial
En el caso de avalanchas y socavación fluvial, no se aceptarán resultados de tecnología Lidar para el levantamiento de cauces, por lo que es necesario realizar para cada corriente el respectivo levantamiento batimétrico y establecer la pendiente hidráulica, cuyos alcances dependerán de las dimensiones del punto crítico, acorde a los a los requerimientos de la sección 4.5.3.1. del MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS del INVÍAS, 2009 o su equivalente que se encuentre vigente al momento de los estudios.

Adicionalmente, se presenta la necesidad de ejecución de levantamientos batimétricos en sitios de avalancha o en zonas donde la vía transcurre paralela a corrientes de gran tamaño, donde pueda existir el riesgo de inundación o la necesidad de obras de protección. En estos casos, el número de secciones a levantar deberá ser aprobado por la Interventoría y por el INVÍAS.

La selección de los equipos para la ejecución de batimetrías dependerá de la información requerida por el consultor, quien deberá sustentar la necesidad de dichos trabajos y presentar el procedimiento y/o metodología aplicable.

Muestras de Material del Cauce
El Consultor deberá tomar muestras y caracterizar el material del cauce y orillas de las corrientes que originen puntos críticos, información a partir de la cual determinará los coeficientes de rugosidad a emplear en los análisis hidráulicos y de socavación.

3.3.2 INFORMACIÓN SECUNDARIA
El Consultor podrá emplear aerofotografías, imágenes de satélite, estudios previos y cualquier otra información que considere necesaria para la ejecución de los Estudios.

3.4 METODOLOGÍA

3.4.1 GEOMORFOLOGÍA – DINÁMICA FLUVIAL
Los estudios geomorfológicos definirán las geoformas susceptibles de inundación y la dinámica evolutiva de las corrientes de una zona en general, así como los procesos fluviales predominantes de erosión o sedimentación en el cauce y orillas, con el objetivo de ubicar y adoptar las obras de prevención, control y corrección más convenientes.

En aquellos casos donde el corredor vial se encuentre afectado por una corriente próxima, el Consultor deberá realizar un análisis multitemporal de las condiciones morfológicas para determinar la migración lateral de la corriente dentro de su llanura aluvial y diseñar las obras de prevención y protección necesarias para evitar el daño de la vía. Para tal efecto el Consultor deberá utilizar aerofotografías, imágenes de satélite, estudios previos y demás información que le permita realizar un análisis multitemporal del comportamiento de los cauces, así como determinar el material y estabilidad de orillas y los procesos geomorfológicos y fluviales predominantes en la corriente.

Se debe determinar el efecto de las inundaciones sobre la infraestructura vial y propiedades adyacentes y los efectos de los cambios en la geomorfología natural de las corrientes, como resultado de las estructuras propuestas.

3.4.2 OBRAS MENORES PARA PUNTOS CRÍTICOS

Así mismo deberá diseñar todas las estructuras hidráulicas requeridas para garantizar la estabilidad de las laderas (pontones, canales, estructuras de caída escalonadas, rápidas lisas, escalonadas combinadas, etc.), para contrarrestar las avalanchas, así como, las obras hidráulicas requeridas para el manejo de las zonas de inundación o los sitios en los que la socavación de orillas afecte la banca de la vía.

3.4.3 SUBDRENAJE

Para el subdrenaje asociado a puntos críticos, el Estudio contemplará un análisis del subdrenaje primordialmente en todos los sitios donde haya evidencia de agua subterránea. El Consultor deberá garantizar la evacuación del agua existente en el suelo o la infiltrada para brindar estabilidad a la estructura vial.

Entre otros el Consultor deberá diseñar filtros longitudinales, drenes horizontales – transversales – longitudinales, pozos verticales de alivio, drenajes y/o filtros de muros de contención, galerías y trincheras drenantes, según el tipo de obras y soluciones propuestas para el proyecto.

El Especialista Hidráulico del Consultor deberá trabajar este capítulo con el Geólogo, y el Especialista en Geotecnia.

Para su diseño el Consultor utilizará como documento guía el MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS del INVÍAS, que se encuentre vigente, así mismo podrá utilizar otras referencias bibliográficas.

CAPÍTULO 4. ESTUDIOS DE SOCAVACIÓN

4.1 OBJETIVO

Los estudios de socavación consistirán en determinar las profundidades máximas de tipo erosivo inducidas por las corrientes y por las diferentes estructuras.

4.2 CRITERIOS DE DISEÑO

Los análisis de socavación deberán enmarcarse en los procesos de hidráulica fluvial de la corriente, así como contrastarse con los perfiles estratigráficos del sector donde se presente socavación de orilla paralela a la banca de la vía.

4.3 INFORMACIÓN BASE

4.3.1 INFORMACIÓN PRIMARIA

El Consultor deberá caracterizar el lecho de la corriente a nivel superficial y subsuperficial a partir de la toma directa de muestras de sólidos de fondo, así como a partir de las perforaciones ejecutadas para el análisis de la fundación de las estructuras.

Igualmente se emplearán las secciones transversales del cauce tomadas en la batimetría del proyecto.

4.3.2 INFORMACIÓN SECUNDARIA

El Consultor podrá emplear aerofotografías, imágenes de satélite, estudios previos y cualquier otra información que considere necesaria para la ejecución de los Estudios.

4.4 METODOLOGÍA

4.4.1 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE CAMPO

El Consultor presentará el análisis del sitio crítico, conociendo además de la información base primaria y secundaria, las alturas de creciente, las líneas y velocidades de flujo, coeficientes de rugosidad, caudales, con el objeto de aplicar las fórmulas más adecuadas que permitan obtener las profundidades críticas del fenómeno.

4.4.2 APLICACIÓN DE LAS TEORÍAS DE SOCAVACIÓN

El consultor presentará las fórmulas más adecuadas a la morfología de la zona que permitan conocer la profundidad de socavación, a todo lo ancho del lecho, en la zona definida de influencia, en el lugar seleccionado para la implantación de la obra, y/o en un punto en particular donde exista un obstáculo y/o en sus orillas.

Los resultados obtenidos deberán ser analizados y contrastados con los análisis geomorfológicos y los perfiles estratigráficos de la zona.

Para los valores de socavación máxima se recomendarán y diseñarán las obras de control y protección.

Para su diseño el Consultor utilizará como documento guía el MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS vigente del INVÍAS, así mismo podrá utilizar otras referencias bibliográficas

CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y MEMORIAS DE CÁLCULO

El Consultor deberá presentar un resumen sucinto de todos los resultados encontrados a través del estudio, principalmente aquellos que requieran de su utilización en otras especialidades o que generen conclusiones inmediatas.

Como parte del resumen solicitado se debe presentar un listado de las obras menores y de subdrenaje necesarias para el correcto drenaje tanto transversal como longitudinal (cunetas, zanjas de coronación, filtros, estructuras de encole y descole, estructuras de disipación) debidamente abscisadas y georreferenciadas tanto en planimetría como altimétricamente. Así mismo de ser el caso se concluirá sobre las zonas inundables y las acciones o correctivos que se deban tomar.

El consultor estará obligado a entregar todas las memorias de cálculo, así mismo, entregará los registros del IDEAM o entidad que suministre la información hidro climatológica, los planos del IGAC, 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.

Productos entregables

Los documentos por entregar se presentan a continuación:

- Informe con todos los criterios empleados en el estudio.
- Anexos con la información que soporta el estudio, conteniendo los cálculos, los modelos empleados y los listados de obra.
- Planos.
- Los planos esenciales adjuntos al estudio serán los siguientes:
- Planos con la localización de las cuencas, microcuencas y/o áreas aferentes delimitadas. Escala 1:25.000
- Planos con la cobertura de la tierra y suelos característicos de las cuencas, microcuencas y/o áreas aferentes delimitadas. Escala 1:25.000
- Planos con la localización de las estaciones hidroclimatológicas empleadas en el estudio y polígonos de Thiessen si se aplica esta metodología. Escala 1:25.000
- Planos de geomorfología y dinámica fluvial. Escala 1:5.000
- Planos planta perfil de diseño geométrico con la ubicación de las obras hidráulicas menores y de subdrenaje del punto inestable, con sus características principales de localización y dimensionamiento. Escala 1:1.000 o en la que se presenten los diseños geotécnicos del sitio.
- Planos de detalle de estructuras hidráulicas. Escala 1:100 o mayor.
- Plano de detalle planta-perfil por obra transversal. Escala 1:100

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Consultor debe presentar en forma clara las conclusiones y recomendaciones del estudio, indicando las precisiones de éste, de igual manera las sugerencias, aportes y recomendaciones que genera el estudio para ser tenidas en cuenta antes, durante la construcción, y durante la etapa de operación.

4.10. VOLUMEN X. ESTUDIO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

Para el desarrollo del Informe de ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PUNTOS CRÍTICOS del presente volumen de manera general debe considerar como mínimo los siguientes capítulos:

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES
CAPITULO 2. METODOLOGÍA
CAPITULO 3. INFORMACIÓN EXISTENTE
CAPITULO 4. TRÁNSITO DE DISEÑO
CAPITULO 5. EVALUACIÓN DE LOS PAVIMENTOS EXISTENTES que harán parte DEL PROYECTO
CAPITULO 6. ESTUDIO DE GEOTECNIA PARA PAVIMENTOS DE AMPLIACIONES Y TRAMOS NUEVOS
CAPITULO 7. FUENTES DE MATERIALES
CAPITULO 8. DISEÑO DE SOLUCIONES DE REHABILITACIÓN PARA PAVIMENTOS EXISTENTES
CAPITULO 9 DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA AMPLIACIONES Y TRAMOS NUEVOS
CAPITULO 10. DISEÑO DE MEZCLAS
CAPITULO 11. SECCIONES TRANSVERSALES
CAPITULO 12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
ANEXOS

CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES

1.1 OBJETIVO

Determinar las soluciones de pavimentos más adecuadas para las intervenciones estructurales de los pavimentos existentes y para las estructuras de pavimento nuevas en nuevos tramos de vía y ampliaciones de los pavimentos existentes en los puntos críticos, teniendo en cuenta:

- Las características y condiciones de las estructuras de pavimento existentes.
- Las características y condiciones de la subrasante.
- La disponibilidad de materiales en la zona y sus características.
- El máximo aprovechamiento de los materiales existentes en la vía.
- Los factores climáticos.

Las estructuras de pavimento que se diseñen deben ser cómodas, funcionales, seguras, económicas y que cumplan técnicamente con la normativa vigente.

1.2 ALCANCES

- Identificar y caracterizar mediante técnicas de exploración y muestreo los materiales que conforman la subrasante en toda la longitud del proyecto.
- Determinar y caracterizar, mediante pruebas de campo y ensayos de laboratorio, las propiedades físicas y mecánicas más importantes de los suelos representativos de la subrasante y de los suelos de cortes y zonas de préstamo, que puedan ser utilizados para conformar la subrasante.
- Determinar y caracterizar, mediante pruebas de campo y ensayos de laboratorio, las propiedades físicas y mecánicas más importantes de las capas de los pavimentos existentes.
- Definir sectores homogéneos para el diseño de la estructura del pavimento.
- Analizar varias alternativas de estructura de pavimento que resulten factibles para las condiciones del proyecto, haciendo énfasis en el mejor aprovechamiento de los materiales de las estructuras de pavimento existentes y de los materiales disponibles en la zona del proyecto.
- Proponer, dentro de las alternativas analizadas, las estructuras de pavimento más apropiadas para el proyecto, definiendo los espesores y materiales de cada capa, así como sus características geomecánicas.
- Identificar las fuentes de materiales y zonas de préstamo para la construcción de los pavimentos del proyecto.
- Presentar recomendaciones técnicas relacionadas con la construcción que contribuyan durante el proceso de obra para mitigar inadecuadas interpretaciones del diseño o inadecuadas prácticas de ingeniería que disminuyen la vida útil del pavimento.
- Basado en el estudio de hidrología, analizar, aceptar o complementar las obras de drenaje para proteger la estructura de pavimento y garantizar su vida útil.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

Al comienzo de los trabajos, el Consultor debe elaborar la metodología de trabajo ajustada al proyecto que incluya las precisiones técnicas que sean relevantes, tales como: metodología de exploración, ensayos, sistemas de pavimentos, métodos de diseño a emplear, parámetros de diseño, información de entrada, entregables, etc., la cual debe ser aprobada por la Interventoría. La metodología de trabajo debe ser coherente con los plazos contractuales, el Cronograma de Actividades y el Programa de Inversiones.

CAPÍTULO 3. INFORMACIÓN EXISTENTE

Este capítulo deberá contener una recopilación y análisis de toda la información que represente alguna utilidad para el proyecto. También deberán consultarse los archivos de otras entidades gubernamentales o privadas que tengan que ver con la carretera en estudio.
La información que se consulte hace referencia principalmente a los siguientes aspectos: Geología, Topografía, Geotécnica y fuentes de materiales, Drenaje y Sub- drenaje, Tránsito, Factores ambientales, Historia de los pavimentos, tanto en su composición como en su comportamiento, intervenciones anteriores, diseño de mezclas y Diseño de pavimentos.

Para el diseño de pavimentos se debe contar con información de módulos dinámicos de materiales, leyes de fatiga de mezclas asfálticas y algunos ensayos de caracterización de granulares que serán empleados en el proyecto o con Formato, información primaria para el diseño y ajustada a la realidad del proyecto.

CAPÍTULO 4. TRÁNSITO DE DISEÑO

La estimación del parámetro de tránsito de diseño se hará a partir de las proyecciones de vehículos que arroje el Estudio de Tránsito. Adicionalmente, a las proyecciones del Estudio de Tránsito, se deberá estimar el tránsito de construcción a partir del plan de construcción que se elabore para el proyecto.

El componente del tránsito de construcción puede ser crítico, en particular en vías de bajos niveles de tránsito, llegando en ocasiones a superar a los otros componentes del tránsito. Cuando los análisis indiquen que el tránsito de construcción incide significativamente en el dimensionamiento de las estructuras de pavimento se debe, en lo posible, ajustar el plan de construcción de la vía de manera tal que este tránsito circule lo menos posible sobre los tramos que van siendo terminados.

Dependiendo de los métodos de análisis de pavimentos, el parámetro de tránsito por determinar será:

- Número acumulado de ejes equivalentes, tomando como eje de referencia el eje estándar (eje simple de llanta doble) de 80 kN.
- Espectro de cargas: número de repeticiones de cada tipo de eje, con cada nivel de carga.

La determinación de los factores daño (FDV) para el cálculo de los ejes equivalentes deberá hacerse utilizando las formulaciones incluidas en los respectivos manuales de pavimentos del INVÍAS.

El período de diseño deberá escogerse siguiente las indicaciones de los manuales de pavimentos del INVÍAS.

CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN DE LOS PAVIMENTOS EXISTENTES QUE HARÁN PARTE DEL PROYECTO

- El objetivo principal de la evaluación de los pavimentos existentes en los tramos de vía que harán parte del proyecto es conocer las estructuras de pavimento, midiendo los espesores de las diferentes capas y caracterizando los materiales que las componen.

Se deberá realizar un diagnóstico del pavimento en el tramo vial afectado por las condiciones críticas ocasionadas por el problema de inestabilidad o la índole del suceso que viene ocasionando los daños, para adelantar las obras de reparación o mejoramiento de acuerdo con las condiciones geotécnicas, factores ambientales y de tránsito.

5.1 EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO FUNCIONAL Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO – NIVELES DE JERARQUÍA

La justificación y necesidad de adelantar mediciones con equipos destinados a una evaluación y diagnóstico funcional y estructural de los pavimentos existentes, como lo exige la Guía de Rehabilitación del INVÍAS, dependerá del estado del pavimento, de la longitud del sector vial y del tipo de intervención requerida para mejorar o reconstruir el tramo afectado. En caso de que

todavía sea justificable, según sea la condición de daños y longitud del trayecto una reparación del tipo rehabilitación, se deberán realizar como mínimo las actividades que se explican en los siguientes numerales. Los sistemas de medición y la frecuencia mínima de las mediciones se determinarán según el Nivel de Jerarquía que se defina en los Términos de Referencia del proyecto para cada uno de los parámetros por evaluar o que se acuerden con el Interventor mediante un programa de evaluación particular de evaluación para el proyecto.

Tabla 12 – Niveles de jerarquía para la evaluación de los pavimentos existentes

Nivel de Jerarquía	GRADO DE CONFIABILIDAD EN LA TOMA DE INFORMACIÓN
Nivel 1	Nivel máximo de confiabilidad en la información.
Nivel 2	Nivel intermedio de confiabilidad en la información.
Nivel 3	Nivel mínimo de confiabilidad en la información.

5.2 PROGRAMA DE EVALUACIÓN PARTICULAR PARA EL PROYECTO

Si los términos de referencia lo permiten, el Consultor podrá acordar con el Interventor un programa particular para la evaluación de los pavimentos existentes, con base en los resultados de la visita inicial de reconocimiento que se menciona más adelante; el programa particular estará en función del estado de la vía y el tipo de intervención prevista y deberá indicar, con la justificación correspondiente: los parámetros y las características por evaluar; los sistemas de medición, toma de muestras y ensayos; el grado de confiabilidad requerido en la toma de información de cada parámetro. Este programa podrá irse ajustando durante el desarrollo de las evaluaciones, de común acuerdo con el Interventor, con base en los resultados que se vayan obteniendo.

5.3 VISITA INICIAL DE RECONOCIMIENTO DE LOS PAVIMENTOS DEL PROYECTO

Al inicio del proyecto, una vez recopilada y analizada la información existente, se deberá ejecutar una visita inicial para realizar una evaluación rápida del estado de los pavimentos existentes en el proyecto. Esta visita servirá para elaborar un diagnóstico inicial de la condición del pavimento y de las soluciones factibles de intervención, así como para planear los trabajos de evaluación de detallada.

La visita deberá ser llevada a cabo por el especialista de pavimentos del Consultor, en compañía de uno o dos auxiliares de ingeniería que le colaboren en el registro de la información. La visita se realizará observando y calificando la condición general del pavimento desde un vehículo a baja velocidad, efectuando detenciones en sitios representativos o críticos para realizar observaciones a pie. En la parte delantera del vehículo deberá instalarse una cámara de video digital de alta resolución, cuyo registro debe asociarse a una localización del recorrido con GPS, para poder efectuar posteriormente verificaciones en oficina.

Para poder sacar el mayor provecho de la apreciación visual del estado del pavimento, se recomienda calificar y registrar la información visual siguiendo la metodología simplificada PASER (Pavement Surface Evaluation and Rating) desarrollada por el Centro de Información del Transporte de la Universidad de Wisconsin-Madison de Estados Unidos u otra metodología simplificada equivalente que proponga el Consultor. La metodología PASER está en los siguientes documentos:

- Pavimentos asfálticos: PASER Manual – Asphalt Roads.
- Pavimentos de concreto hidráulico: PASER Manual – Concrete Roads.
- Pavimentos de adoquines: PASER Manual – Brick & Block.

5.4 INVENTARIO DE FALLAS DE PAVIMENTO

Si la intervención en el sitio crítico no amerita una reconstrucción total o una reparación parcial del conjunto de capas del pavimento existente a profundidad, el Consultor deberá realizar un inventario de las fallas de pavimento presentes en el corredor, identificando los tipos de deterioro, su gravedad y su extensión usando las siguientes normas:

- Pavimentos flexibles: INV E-813 “Determinación del Índice de Deterioro Superficial de un Pavimento Asfáltico Mediante el Método VIZIR”.
- Pavimentos Rígidos: ASTM D6433 “Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys”.
- Pavimentos articulados (adoquines): Norma ASTM E2840 “Standard Practice for Pavement Condition Index Surveys for Interlocking Concrete Roads and Parking Lots”.

En el caso de pavimentos flexibles, se deberán tener en cuenta, adicionalmente, los criterios mencionados en la "Guía Metodológica para el Diseño de Obras de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos de Carreteras" del INVÍAS.

En general, el inventarío de fallas se deberá realizar por cada carril con equipos de captura de imágenes (ópticas o digitales) que permitan la automatización del inventario de daños y registro detallado, cuantificable y referenciado de la información. El registro de las imágenes debe ser continuo; el dispositivo debe capturar imágenes con tecnología line scan de al menos 4K (4096 x N píxeles de resolución, con una cobertura de por lo menos 4 metros de ancho), o equivalente.

En el caso de imágenes ópticas, el dispositivo de captura de imágenes debe contar con un sistema de iluminación a base de tecnología láser.

La captura de imágenes debe poderse realizar a velocidades operacionales en el rango entre 40 y 80 km/h. Así mismo, el equipo deberá tener la posibilidad de operar tanto de día como de noche, y las imágenes obtenidas deben estar georreferenciadas de acuerdo con el sistema MAGNA SIRGAS de Colombia.

Los resultados deberán presentarse en tramos de longitud máxima 100 m.

Para proyectos de corta longitud, el inventario de daños podrá realizarse manualmente.

Tabla 13 – Niveles de jerarquía para la toma de información de daños en los pavimentos

Nivel de Jerarquía	GRADO DE CONFIABILIDAD EN LA TOMA DE INFORMACIÓN
Nivel 1	Equipos de alto rendimiento con toma de imágenes.
Nivel 2	Inventario manual continuo.
Nivel 3	Inventario manual discontinuo.

En el caso del nivel 3, donde el inventario se hace en forma discontinua, por unidades de evaluación, deberán seguirse las indicaciones que se establecen en los documentos de referencia de la metodología PCI mencionados al inicio de este numeral para pavimentos rígidos y de adoquines en cuanto al tamaño de las unidades, la selección aleatoria de las mismas y el número mínimo de unidades por tramo homogéneo.

El tamaño de las unidades de muestreo que establecen esos manuales es:

- Pavimento de concreto: 20 ± 8 losas.
- Pavimento de adoquines: 225 ± 90 m2.

El número de unidades por muestrear deberá escogerse para obtener una confiabilidad mínima del 90% en la determinación del PCI. Previo acuerdo con la Interventoría, para una evaluación no tan detallada, se podría escoger el número inicial de unidades por muestrear con base en la siguiente tabla:

Tabla 14 – Número de unidades por muestrear para una evaluación discontinua

Número total de unidades de muestreo en el tramo homogéneo	Número de unidades por muestrear
1 a 5	1
6 a 10	2
11 a 15	3
16 a 40	4
Más de 40	10%

Como el método VIZIR para pavimentos flexibles no establece criterios para un inventario por unidades, se pueden tomar unidades de 100m de largo por el ancho del carril. Para escoger el número de unidades por muestrear, se pueden usar los criterios de la metodología PCI indicados arriba.

5.4.1 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE DETERIORO SUPERFICIAL IS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

Dependiendo del tipo de intervención requerida según sea el estado y nivel de daños de la calzada, el Consultor deberá calcular, con base en los resultados del inventario daños, el Índice de Deterioro Superficial IS de pavimentos flexibles según la norma INV E-813 y las indicaciones de la "Guía Metodológica para el Diseño de Obras de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos de Carreteras" del INVÍAS.

5.4.2 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI DE PAVIMENTOS RÍGIDOS Y PAVIMENTOS DE ADOQUINES

Dependiendo del tipo de intervención requerida según sea el estado y nivel de daños de la calzada, el Consultor deberá calcular, con base en los resultados del inventario daños, el Índice de Condición PCI de pavimentos rígidos y pavimentos de adoquines según las normas ASTM D6433 y ASTM E2840 respectivamente.

5.5 MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL IRI, AHUELLAMIENTO Y TEXTURA SUPERFICIAL

Dependiendo del tipo de intervención requerida según sea el estado y nivel de daños de la calzada, se definirá, con base en los resultados del inventario daños, si el Consultor debe medir el Índice de Rugosidad Internacional, lo cual se hará según las consideraciones y procedimientos descritos en la "Guía Metodológica para el Diseño de Obras de Rehabilitación

de Pavimentos Asfálticos de Carreteras" del Ministerio de Transporte - INVÍAS, Etapa 3 – Evaluación de la Condición global del Pavimento; numeral 3.2. Determinación del índice de deterioro del Pavimento, según la guía o norma del INVÍAS que se encuentre vigente.
La medición podrá hacerse con los sistemas de precisión igual o superior a los indicados en la siguiente tabla, según el nivel de jerarquía establecido para el proyecto:
Tabla 15 – Niveles de jerarquía para la evaluación de la rugosidad de los pavimentos

Nivel de Jerarquía	RUGOSIDAD	AHUELLAMIENTO	TEXTURA SUPERFICIAL
Nivel 1	Medición del perfil, ahuellamiento y textura con equipos de alto rendimiento y alta precisión		
Nivel 2	Equipos de alto rendimiento y alta precisión		Manual en sitios representativos
Nivel 3	Topografía o Perfilómetro Merlín	Manual, cada 50m como mínimo	Manual en sitios representativos

5.5.1 MEDICIÓN DEL PERFIL CON ALTA PRECISIÓN Y CON EQUIPOS DE ALTO RENDIMIENTO

Dependiendo del tipo de intervención requerida según sea el estado y nivel de daños de la calzada, se definirá, con base en los resultados del inventario daños, si el Consultor debe llevar a cabo las mediciones del IRI, la macrotextura y el ahuellamiento con equipos de alta precisión y alto rendimiento.
De ser necesaria esta medición, se deberán emplear equipos de alto rendimiento capaces de medir, calcular en tiempo real, mostrar en pantalla, y almacenar (en el disco duro del computador) los datos de perfil longitudinal y rugosidad de carretera en ambas trazas de rueda (también llamadas huellas) y/o los datos de ahuellamiento, la macrotextura del pavimento (utilizando un láser de al menos 32 KHz), pendiente longitudinal y transversal, además de la posición del vehículo (metraje) y velocidad, deberá tenerse en cuenta la normativa INV E-790 y INV-E-794.
El sistema deberá cumplir con los requisitos estipulados en la norma ASTM E 950, "Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with An Accelerometer Established Inertial Profiling Reference" ("Método Estándar de Prueba para Medir el Perfil Longitudinal de Superficies Recorridas por Medio de Un Perfil Inercial Establecido con Un Acelerómetro") y el Artículo Técnico Núm. 46 del Banco Mundial "Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements" ("Lineamientos para Realizar y Calibrar Mediciones de la Irregularidad Superficial de los Caminos").
Para la medición de la macrotextura, el sistema debe cumplir con la norma ASTM E 1845, "Standard Practice for Calculating Pavement Macrotexture Mean Profile Depth". Se podrá medir con cualquiera de los siguientes equipos: el SCRIM, el GRIPTESTER, y el Mu Meter siempre que se acredite la fórmula de paso para la obtención de los valores del coeficiente de fricción (rozamiento) transversal CRT. Los equipos deben permitir el obtener con precisión la rugosidad de las vías sin verse afectados por la incidencia de la variación de la velocidad en la toma de datos, ya que en la auscultación de vías urbanas no es posible conservar una velocidad constante para el registro de la medición, como si es factible en vías interurbanas, deberá tenerse en cuenta la normativa ISO-13473-1,2,3.

El procedimiento de medición deberá obtener una lectura continua de la superficie de pavimento representada en valores de IRI, en m/Km, de macrotextura (mm), y ahuellamiento (mm). Las mediciones se realizarán en todos los carriles existentes registrando los parámetros antes mencionados en ambas huellas. Se deberán asignar valores promedio y mínimo en cada unidad establecida para la asignación del de los indicadores de daños (mínimo cada 100m).
La calibración y determinación de la aptitud de uso del equipo deberán ser hacerse según los requerimientos y recomendaciones establecidos por el fabricante del equipo y para este caso particularmente a lo establecido en la especificación ASTM E 950.

5.5.2 MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON OTROS SISTEMAS

Las mediciones de rugosidad con otros sistemas deberán hacerse siguiendo las indicaciones de la Guía Metodológica para el Diseño de Obras de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos de Carreteras, del INVÍAS.

5.5.3 MEDICIÓN MANUAL DEL AHUELLAMIENTO Y LA TEXTURA

Dependiendo del tipo de intervención requerida según sea el estado y nivel de daños de la calzada, se definirá si es necesario medir el ahuellamiento y la textura del pavimento. Cuando resulten de utilidad, las mediciones manuales del ahuellamiento y la textura deberán hacerse según las Normas INV-E-789 Medida del Ahuellamiento en superficies pavimentadas e INV-E-791 Medida de la Macrotextura superficial de un pavimento empleando la técnica Volumétrica.

5.6 MEDICIÓN DEL COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO

Dependiendo del tipo de intervención requerida según sea el estado y nivel de daños de la calzada, se definirá si es necesario medir la resistencia al deslizamiento, o fricción superficial. Cuando resulte de utilidad, la evaluación se efectuará según las consideraciones y procedimientos descritos en la "Guía Metodológica para el Diseño de Obras de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos de Carreteras" del Ministerio de Transporte - INVÍAS, Parte 2, Capítulo 6 “Guías para la medición de la resistencia al deslizamiento”, o según la guía o norma del INVÍAS que se encuentre vigente.
Las mediciones deberán hacerse según el correspondiente nivel de jerarquía, según se muestra en la **Tabla 16** y las indicaciones de los numerales siguientes.

Tabla 16 – Niveles de jerarquía para la evaluación del coeficiente de resistencia al deslizamiento

Nivel de Jerarquía	GRADO DE CONFIABILIDAD EN LA TOMA DE INFORMACIÓN
Nivel 1	Medición continua con equipos de alto rendimiento en una de las dos huellas de todos los carriles

Nivel de Jerarquía	GRADO DE CONFIABILIDAD EN LA TOMA DE INFORMACIÓN
Nivel 2	Medición continua con equipos de alto rendimiento en una de las dos huellas del carril por donde circulan más vehículos pesados en cada sentido de circulación.
Nivel 3	Medición con equipo manual a intervalos de 50m (máximo) en toda la vía
Nivel 4	Medición con equipo manual a intervalos de 50m (máximo) en sitios representativos

5.6.1 MEDICIÓN DEL COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO DE MANERA CONTINUA CON EQUIPOS DE ALTO RENDIMIENTO (NIVELES 1 Y 2)

Se medirá el coeficiente de resistencia al deslizamiento tomando medidas en una las dos rodadas o huellas del carril por evaluar; en cualquier caso, se medirán los carriles que tengan capas de rodadura distintas o en distinta condición. Se reportarán los valores promedio cada 20 m y cada 100m.

Se podrá utilizar cualquiera de los siguientes equipos: Mu Meter, SCRIM o Grip Tester. El parámetro por reportar es el coeficiente CRT (Coeficiente de Rozamiento Transversal) medido con el Mu Meter; los coeficientes medidos con los otros equipos deberán reportarse tanto en valores directamente medidos por el equipo como en valores equivalentes del Mu Meter, calculados mediante correlaciones reportadas en la literatura especializada.

Las normas para los equipos y la realización de las mediciones son:

- **Mu meter**: ASTM E670 “Standard Test Method for Testing Side Force Friction on Paved Surfaces Using the Mu-Meter”.
- **SCRIM**: BS 7941-1:2006 “Methods for measuring the skid resistance of pavement surfaces. Sideway-force coefficient routine investigation machine”.
- **Grip Tester**:
-

(a) INV E-815 “Medida de la Resistencia al Deslizamiento de pavimentos y otras superficies sometidas a tránsito, empleando un dispositivo de rueda parcialmente bloqueada con grado de deslizamiento fijo”.
(b) ASTM E2340 / E2340M “Standard Test Method for Measuring the Skid Resistance of Pavements and Other Trafficked Surfaces Using a Continuous Reading, Fixed-Slip Technique”.
(c) BS 7941-2:2000 “Methods for measuring the skid resistance of pavement surfaces -Test method for measurement of surface skid resistance using the GripTester braked wheel fixed slip device”.

5.6.2 MEDICIÓN MANUAL DEL COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO (NIVELES 2 Y 3)

La medición manual del coeficiente de resistencia al deslizamiento deberá hacerse según la norma INV E-792 “Medida del coeficiente de resistencia al deslizamiento usando el péndulo británico”; se deberán reportar tanto los valores directamente medidos con el péndulo británico

como los valores equivalentes del Mu Meter, calculados mediante correlaciones reportadas en la literatura especializada.

5.7 MEDIDA DE LAS DEFLEXIONES DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

Dependiendo del tipo de intervención requerida según sea el estado y nivel de daños de la calzada, se definirá si es necesario medir las deflexiones del pavimento.
En caso de ser necesaria, se definirá, el Nivel de Jerarquía para su realización; los objetivos de la evaluación de los pavimentos por medio de deflectometría son:

- Evaluar la capacidad estructural del pavimento.
- Evaluar la uniformidad o heterogeneidad de la respuesta estructural.
- Detectar sitios críticos en el pavimento.
- Obtener indicación sobre la vida residual del pavimento.
- Determinar las características mecánicas de la subrasante y las diferentes capas del pavimento.
- En el caso de pavimentos rígidos, evaluar adicionalmente la transferencia en las juntas.

Las mediciones podrán hacerse con deflectómetro dinámico de impacto (FWD) o viga Benkelman (VB), dependiendo del nivel de jerarquía indicado en los Términos de Referencia:

Tabla 17 – Niveles de información para la toma de deflexiones

Nivel de Jerarquía	SISTEMA DE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES	DISTANCIA MÁXIMA ENTRE MEDICIONES
Nivel 1	FWD	50m
Nivel 2	FWD	200m
Nivel 3	VB	200m

En todos los casos, los resultados de las mediciones deberán ajustarse según las condiciones climáticas y de temperatura, siguiendo las indicaciones de la Guía Metodológica para el Diseño de Obras de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos de Carreteras, del INVÍAS.

5.7.1 MEDIDA DE LAS DEFLEXIONES CON DEFLECTÓMETRO DINÁMICO DE IMPACTO

Se deberán tomar medidas de deflexiones de las estructuras de pavimento con deflectómetros tipo FWD de alto rendimiento, que posean automatización en el registro de la curva completa de deflexión, con espaciamientos definidos a lo largo de todo su cuenco de deflexión, por acción de una carga dinámica. El equipo debe contar con al menos 7 sensores y debe cumplir con las especificaciones establecidas en las normas ASTM D 4694 e INV-E-798.
El Deflectómetro debe estar debidamente calibrado para su utilización para lo cual debe seguir las siguientes normas, además de los requerimientos del proveedor: Norma INV E-798 "Método para medir Deflexiones Mediante Deflectómetro de Impacto (FWD)". La frecuencia de la calibración y la verificación de las celdas de carga y sensores de deflexión se deberá realizar según lo indicado en la Norma de Ensayo INV E- 797 "Medida de Deflexión en Pavimentos, tablas 797-1 y 797-2.

5.7.2 MEDIDA DE LAS DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN

Las mediciones de deflexión con Viga Benkelman deberá hacerse según la norma INV E-795. Deberán usarse dos Vigas Benkelman o una viga Benkelman doble para medir simultáneamente la deflexión bajo las ruedas y la deflexión a 25cm.

5.8 DETERMINACIÓN DE LOS ESPESORES DE LAS CAPAS QUE CONFORMAN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

La determinación de los espesores de las capas de pavimento deberá mediante apiques o perforaciones.
En el caso que el pavimento existente todavía tenga comportamiento elástico y se haya realizado la deflectometría, se requiere obtener los espesores de cada una de las capas que componen la estructura de pavimento en los sitios donde se midieron las deflexiones. La razón es que los espesores de la estructura de pavimento serán utilizados para el cálculo del número estructural efectivo, en el caso de pavimentos flexibles y de adoquines, o de las propiedades mecánicas y del concreto en el caso de pavimentos rígidos.

5.9 ESTIMACIÓN DEL MÓDULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE MR Y DEL NÚMERO ESTRUCTURAL EFECTIVO SNE EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y DE ADOQUINES

El Módulo Resiliente de la subrasante podrá estimarse aplicando correlaciones tomadas de la bibliografía técnica de la literatura especializada de organismos normalizados reconocidos en la Ingeniería de pavimentos, conociendo los resultados del ensayo I.N.V. E – 148 CBR de suelos compactados en el laboratorio y sobre muestra inalterada o I.N.V. E – 169 Relación de Soporte del suelo en el terreno (CBR "IN SITU").
A partir de los resultados de las deflexiones, si se han realizado, y de los espesores de la estructura de pavimento, se deberá estimar el módulo resiliente de la subrasante MR y el número estructural efectivo SNE mediante la técnica del retrocálculo, bajo las consideraciones de la metodología de diseño de pavimentos AASHTO/93 (AASHTO guide for design of pavement structures), siguiendo las indicaciones particulares de la Guía Metodológica para el Diseño de Obras de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos de Carreteras del INVÍAS.
Se deberá asignar valores de MR y SNE promedio a cada uno de los tramos homogéneos.

5.10 ESTIMACIÓN DEL MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE (K), MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (EC) Y TRASFERENCIA DE CARGAS EN PAVIMENTOS DE CONCRETO

El Módulo de Reacción de la Subrasante (k) podrá estimarse aplicando correlaciones tomadas de la bibliografía técnica de la literatura especializada de organismos normalizados reconocidos en la Ingeniería de pavimentos, conociendo los resultados del ensayo I.N.V. E – 148 CBR de suelos compactados en el laboratorio y sobre muestra inalterada o I.N.V. E – 169 Relación de Soporte del suelo en el terreno (CBR "IN SITU").
A partir de los resultados de las deflexiones, si se han realizado, y de los espesores de la estructura de pavimento, se deberán estimar el Módulo de Reacción de la Subrasante, el

Módulo de Elasticidad del Concreto y la Trasferencia de Cargas en pavimentos de concreto, aplicando la metodología de diseño de pavimentos AASHTO/93 (AASHTO guide for Design of Pavement Structures).
Se deberá asignar valores de k, Ec y transferencia de cargas promedio a cada uno de los tramos establecidos para la asignación del PCI y del IRI.

5.11 DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO

Si dentro de la evaluación realizada por el Consultor y el Interventor se decide, de acuerdo con el estado de daños del tramo afectado y su longitud y la profundidad del nivel de reparación, que se requiere realizar medición de la resistencia al deslizamiento, se podrá emplear un equipo de alto rendimiento y de medición continua que permita medir y reportar el coeficiente de fricción o resistencia al deslizamiento (CRD) de una superficie de acuerdo a lo consignado en la Guía Metodológica para el Diseño de Obras de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos de Carreteras del INVÍAS, PARTE 3 - Evaluación de la condición global del Pavimento;, numeral 3.2 Evaluación de la resistencia al deslizamiento, por medio de equipos de alto rendimiento que deben estar ceñidos a la norma INV-E-815, ASTM E2340M-11, NLT 336/92 o TRRL report 337.
Dependiendo del alcance del proyecto y del estado actual de la vía a intervenir, si en el tramo se requiere determinar el coeficiente de resistencia al deslizamiento, efectuando las mediciones con el péndulo británico del TRL, para tener un conocimiento de este parámetro funcional y de SEGURIDAD VIAL, para asociarlo y verificarlo con los umbrales de investigación y de intervención para pavimentos, estas medidas se deberán adelantar de acuerdo con la Norma de Ensayo INV-792 “Medida del coeficiente de resistencia al deslizamiento usando el péndulo Británico”.
Se deberá reportar el valor promedio de CRD en 100 m para cada uno de los tramos de vía del proyecto.

5.12 NÚCLEOS Y APIQUES EN PAVIMENTOS EXISTENTES

Con el fin de verificar los espesores de las capas de pavimento y tomar muestras para evaluar la calidad de los materiales que las constituyen, se deberán ejecutar apiques y tomar núcleos de las capas ligadas (capas asfálticas, losas de concreto, capas estabilizadas); cuando la estructura de pavimento tenga varias capas asfálticas, todas las capas deben incluirse en un solo núcleo para poder calificar la adherencia entre ellas, tanto en el proceso de extracción como en la inspección posterior.
Los apiques se deberán ejecutar tanto en sitios representativos de la vía como en sitios fallados, para establecer las causas de esta condición. La profundidad de estos apiques debe ser, como mínimo, hasta penetrar 60cm dentro de la subrasante (natural o en terraplén).
Durante la ejecución de los apiques, se deberán realizar ensayos de penetrómetro dinámico PDC en capas granulares y subrasante, norma INV E-172. También podrán hacerse ensayos con el deflectómetro de impacto liviano (LWD) la norma ASTM E2583 “Standard Test Method for Measuring Deflections with a Light Weight Deflectometer (LWD)”, para medir la respuesta dinámica de los materiales ante las cargas y determinar los módulos resilientes de la subrasante y/o de las capas de base y sub-base.

El número de exploraciones y ensayos depende de la homogeneidad o heterogeneidad de la estructura de pavimento en el tramo afectado. Dependiendo de la longitud del trayecto motivo de reparación o reconstrucción, si es del caso se podrá establecer el número mínimo de sondeos y apiques, siguiendo los lineamientos establecidos en la Guía Metodológica para el Diseño de Obras de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos de Carreteras del INVÍAS.

De cada exploración se elaborará un registro de campo que contenga, como mínimo, la siguiente información:

- Localización.
- Perfil estratigráfico, con la descripción e identificación visual de las capas de pavimento y de los suelos de subrasante encontrados, según la norma de ensayo INV E-102.
- Profundidad y tipo de las muestras tomadas.
- Registro de ensayos de campo.
- Registro fotográfico, en el cual se pueda observar fecha, muestras, localización, numero de la exploración.

Dependiendo del alcance del proyecto y del estado actual de la vía a intervenir, el Consultor definirá, con la aprobación del Interventor, los ensayos que se deben realizar sobre las muestras recuperadas de los sondeos y apiques realizados en los pavimentos.

Como guía general, que se debe adaptar a las condiciones particulares del proyecto, se presentan en las siguientes tablas se presentan los ensayos típicos que se realizan en las muestras recuperadas de los pavimentos existentes.

Tabla 18 – Ensayos típicos en suelos de subrasante y capas granulares.

ENSAYO	NORMA INV
Humedad natural.	E-122
Límite líquido.	E-125
Límite plástico.	E-126
Granulometría.	E-123
%Pasa tamiz de 75µm (Tamiz No 200).	E-214
CBR inalterado (subrasante) de laboratorio, con % de expansión.	E-148
Cambio volumétrico potencial (CVP).	E-120
Relaciones de humedad – Peso unitario seco en los suelos.	E – 141 o E – 142
Densidad in-situ.	E-161/164

Tabla 19 – Ensayos típicos en capas estabilizadas con ligantes hidráulicos

ENSAYO	NORMA INV
Resistencia a la compresión inconfinada.	E-809

5.12.1 PERFILES ESTRATIGRÁFICOS Y RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS

A partir de los registros de campo, y utilizando los resultados de los ensayos de laboratorio, se elaborarán perfiles estratigráficos por apique o sondeo, debidamente referenciados y con una descripción clara de las capas de pavimento y los suelos de subrasante encontrados.
Además, se debe generar una tabla resumen de ensayos que permita condensar la caracterización geotécnica obtenida de las estructuras de pavimento.
Se debe incluir una localización de la exploración geotécnica georreferenciada con coordenadas y abscisas en lo posible.

5.12.2 DEFINICIÓN DE TRAMOS HOMOGÉNEOS POR CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO Y LA SUBRASANTE

Atendiendo lo explicado en los numerales anteriores y dependiendo del nivel de daños y considerando la longitud del sector y el tipo de intervención que se debe adelantar en el tramo afectado, el Consultor y el Interventor definirán la eficacia y utilidad de delimitar tramos homogéneos en la longitud de la zona afectada para reparación. Si esto es necesario se deberá dividir la vía en tramos homogéneos por características de las estructuras de pavimento y los suelos de subrasante encontrados.
La identificación de los tramos homogéneos se debe hacer teniendo en cuenta:

- Características geológicas y de drenaje natural.
- Condiciones climáticas y topográficas.
- Condición general de la subrasante.
- Composición de la estructura de pavimento.
- Respuesta a las cargas (evaluación deflectométrica).
- Daños superficiales y sus indicadores (IS o PCI).
- Resistencia al deslizamiento.

Se recomienda hacer diagramas con los perfiles de las propiedades evaluadas, que permitan observar los cambios significativos que justifiquen demarcar fronteras entre los diferentes tramos homogéneos; también se recomienda emplear el método de las diferencias acumuladas para definir los tramos homogéneos (INV E - 821).
Si en un determinado tramo se presenta gran heterogeneidad en las estructuras de pavimento y/o en los suelos de subrasante que no permitan la determinación de uno de ellos como predominante, el diseño se basará en el más desfavorable que se encuentre.

CAPÍTULO 6. ESTUDIO DE GEOTECNIA PARA PAVIMENTOS DE AMPLIACIONES Y TRAMOS NUEVOS

El objetivo del estudio de geotecnia para el diseño de pavimentos en ampliaciones de calzada y tramos nuevos del proyecto es determinar las características de la subrasante que servirá de apoyo o fundación a las estructuras de pavimento, tanto desde el punto de vista de diseño (capacidad y desempeño durante la vida del pavimento) como de construcción. Incluye el estudio de los suelos de cortes y préstamos que pueden usarse para la construcción de las subrasantes en terraplén.

6.1 OBJETIVOS

Los objetivos de esta etapa son los siguientes:

- Definir la estratigrafía de los suelos a lo largo de los tramos en estudio y las características generales de cada uno de los estratos (humedad, clasificación, resistencia o capacidad de soporte).

- Determinar la profundidad del nivel freático.
- Identificar suelos que presenten características mecánicas y de estabilidad volumétrica indeseables, que impidan que el suelo natural como tal se pueda utilizar como subrasante de la estructura del pavimento.
- Identificar los suelos que generarán problemas durante la etapa de construcción.
- De ser necesario, definirlos los tramos homogéneos.
- Planear la exploración complementaria de los suelos de subrasante.

6.2 TRABAJOS DE CAMPO

La exploración de la subrasante se debe realizar por medio de sondeos (manuales o mecánicos) y/o apiques. En el caso de sondeos, el equipo de perforación debe permitir la toma de muestras de tamaño suficiente para poder identificar y caracterizar apropiadamente los diferentes estratos de suelo.

El espaciamiento y la profundidad de las exploraciones depende del tipo de proyecto y de las características de los suelos en cada sitio. Por lo tanto, no es posible establecer reglas fijas para todos los proyectos.

En la **Tabla 5** se dan unos valores sugeridos para el espaciamiento de las exploraciones en función de la categoría de tránsito, que podrán ser adaptados a las condiciones particulares de cada proyecto; la profundidad debe ser, como mínimo, 1.5 a 2.0 metros a partir de la cota de subrasante.

Tabla 20 – Espaciamiento de las exploraciones.

CATEGORÍA DE TRÁNSITO	ESPACIAMIENTO LONGITUDINAL MÁXIMO, m
NT1	500
NT2	250
NT3	200

En forma adicional a esta investigación sistemática, se deben efectuar algunas investigaciones hasta 6.0m de profundidad para:

- Confirmar que no hay suelos inadecuados a mayores profundidades.
- Identificar las condiciones de agua subterránea.
- Localizar la roca dentro de la zona de influencia.

En sitios donde se sospeche presencia de estratos con problemas de comportamiento mecánico (como suelos con alto contenido de materia orgánica y suelos blandos), de estabilidad volumétrica (suelos expansivos o susceptibles a cambios volumétricos importantes, suelos colapsables), de asentamientos, de drenaje y sitios con suelos saturados, las profundidades de perforación deben ser aumentadas según criterios geotécnicos y se deben realizar exploraciones más cercanas que permitan definir el sector de la vía que presenta el suelo problemático.

6.3 TOMA DE MUESTRAS

De cada exploración, se tomarán muestras alteradas e inalteradas con suficiente frecuencia (al menos una por tipo de suelo y/o con separación máxima de 50cm) con herramientas que aseguren la conservación de la estratigrafía (sin contaminación con otros estratos) y contenido de humedad, de acuerdo con las normas INV E-105, E-109 y E-112. Las muestras deben ser adecuadamente empacadas, selladas, referenciadas y almacenadas para prevenir cambios de humedad y permitir la sistematización de los procesos de laboratorio, todo de acuerdo con lo establecido por la norma INV E-103.

6.4 ENSAYOS DE CAMPO

En sitios donde las cotas de subrasante sean relativamente superficiales, se deben realizar pruebas de penetrómetro dinámico de cono, PDC, norma INV E-172, a partir de la cota de subrasante hasta mínimo 1.0 m de profundidad. Los sondeos deben ser de un diámetro adecuado para poder manipular el equipo y realizar cómodamente la prueba.
En los apiques, también podrán hacerse ensayos con el deflectómetro de impacto liviano (LWD), norma ASTM E2583 “Standard Test Method for Measuring Deflections with a Light Weight Deflectometer (LWD)”, para medir la respuesta dinámica de los suelos de subrasante y determinar su módulo resiliente.

6.5 ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos obligatorios son los básicos para clasificar los suelos, tales como: humedad natural, límites líquido y plástico, granulometría o contenido de finos. Además, se debe medir alguno de los índices que permite detectar de manera confiable el potencial de cambio volumétrico del suelo, según los criterios establecidos en la norma INV E-132.
La investigación de laboratorio abarca todos los ensayos necesarios para identificar adecuadamente las condiciones del suelo a lo largo del corredor del proyecto y estudiar los materiales existentes en la vía (mejoramientos, afirmados). Los ensayos se deberán realizar de acuerdo con las normas vigentes del Instituto Nacional de Vías y, para las pruebas no contempladas por ellas, se aplicarán los estándares de ICONTEC, ASTM, AASHTO o UNE, en ese orden, según se convenga con el Interventor.

6.6 REGISTROS DE CAMPO DE LAS EXPLORACIONES

De cada exploración se elaborará un registro de campo que contenga, como mínimo, la siguiente información:

- Localización.
- Perfil estratigráfico, con la descripción e identificación visual de los suelos encontrados, según la norma de ensayo INV E-102.
- Profundidad y tipo de las muestras tomadas.
- Registro de ensayos de campo.
- Registro fotográfico, en el cual se pueda observar fecha, muestras, localización, número de la exploración.

La **Tabla 6** y la **Tabla 22** presentan los ensayos mínimos que se deben realizar en la exploración general de la subrasante.
Tabla 21 – Ensayos mínimos en suelos de subrasante natural

ENSAYO	NORMA INV
Gravedad específica.	E-128, 222 o 223
Humedad natural.	E-122
Límite líquido.	E-125
Límite plástico.	E-126
Granulometría.	E-123
%Pasa tamiz de 75µm (Tamiz No 200).	E-214
Contenido de materia orgánica.	E-121 o UNE-103204
CBR de laboratorio, con % de expansión.	E-148
Cambio volumétrico potencial (CVP).	E-120
Relaciones de humedad – Peso unitario seco en los suelos.	E – 141 o E – 142

Tabla 22 – Ensayos mínimos en materiales para terraplenes.

ENSAYO	NORMA INV
Límite líquido.	E-125
Límite plástico.	E-126
Granulometría.	E-123
%Pasa tamiz de 75µm (Tamiz No 200).	E-214
Contenido de materia orgánica.	E-121 o UNE-103204
Relaciones de humedad – Peso unitario seco en los suelos.	E – 141 o E – 142
CBR de laboratorio, con % de expansión.	E-148
Índice de Colapso.	E-157
Contenido de sales solubles.	E-158

Tabla 23 – Ensayos químicos en suelos de subrasante y en suelos para terraplenes para estudio de estabilizaciones con cemento hidráulico, cal o cenizas.

ENSAYO	NORMA
Determinación cuantitativa del contenido de sulfatos solubles en agua que hay en un suelo.	UNE 103201

Las muestras de suelos se clasificarán utilizando según los sistemas SUCS (INV E-181) y AASHTO (INV E-180).

6.7 PERFILES ESTRATIGRÁFICOS Y RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS

A partir de los registros de campo, y utilizando los resultados de los ensayos de laboratorio, se elaborarán perfiles estratigráficos por apique o sondeo, debidamente referenciados y con una descripción clara de los suelos encontrados, mencionando la descripción de los suelos y su clasificación, presencia de sobre tamaños, materia orgánica, color, resistencias in situ, entre otros. Se debe mencionar la presencia o no del nivel freático.
Además, se debe generar una tabla resumen de ensayos y clasificación de suelos que permita condensar la caracterización geotécnica obtenida.
Se debe incluir una localización de la exploración geotécnica georreferenciada con coordenadas y abscisas en lo posible, postes de referencia (PR) o señales de localización si los hay, y otros detalles relevantes como poblaciones, sitios de interés, construcciones, accidentes notorios del terreno, vegetación particular.
De cada exploración, se debe incluir un registro fotográfico en el cual se muestre el número de la exploración, la localización, la fecha de ejecución y las muestras tomadas.

6.8 DEFINICIÓN DE TRAMOS HOMOGÉNEOS POR CARACTERÍSTICAS DE LA SUBRASANTE

Dependiendo de la longitud del tramo, el Consultor y el Interventor decidirán acerca de la necesidad y aplicabilidad de efectuar delimitaciones o tramos homogéneos para efectos de diseño. En caso de ser esto necesario, se deberá dividir la vía en tramos homogéneos por características de los suelos de subrasante, con fundamento en los resultados del estudio general de la investigación geotécnica.
Se deberá dividir la vía en tramos homogéneos por características de los suelos de subrasante, con base en los resultados del estudio general.
La identificación de los tramos homogéneos se debe hacer teniendo en cuenta:

- Condición general de la subrasante:

  (a) Subrasante conformada por el suelo natural.
  (b) Subrasante conformada por el suelo natural mejorado mediante compactación o adición de estabilizantes.
  (c) Remoción parcial del suelo natural para conformar una capa de subrasante con material de préstamo.
  (d) Subrasante correspondiente a la corona de terraplenes.
  (e) Subrasante obtenida por mejoramientos complejos, cuando el espesor del suelo natural inadecuado es importante y no se puede colocar suelo importado directamente sobre él.
- Perfil estratigráfico.
- Perfil de resistencia.
- Perfil de índice de consistencia y su variación en la profundidad.

Se recomienda hacer diagramas con los perfiles de las propiedades evaluadas, que permitan observar los cambios significativos que justifiquen demarcar fronteras entre los diferentes tramos homogéneos; también se recomienda emplear el método de las diferencias acumuladas para definir los tramos homogéneos (INV E - 821).

Si en un determinado tramo se presenta gran heterogeneidad en los suelos de subrasante que no permitan la determinación de uno de ellos como predominante, el diseño se basará en el más desfavorable que se encuentre.

El mínimo número de ensayos de capacidad de soporte de la subrasante, para cada tramo homogéneo es el indicado en la **Tabla 24**. Dependiendo de la dispersión de los ensayos de capacidad de soporte en cada tramo, se puede requerir la ejecución de ensayos adicionales, para lograr el nivel de confianza establecido en el proyecto.

Tabla 24 – Ensayos mínimos para determinar la capacidad de soporte de la subrasante para diseño para por tramo homogéneo

ENSAYO	Norma INV	Número mínimo de ensayos		
		NT1	NT2	NT3
CBR	E-148 o E-169	3	4	4
Módulo Resiliente	E-156	-	-	2

CAPÍTULO 7. FUENTES DE MATERIALES

Este capítulo se refiere a la localización, selección, cubicación y clasificación de fuentes de materiales para la construcción de la estructura del pavimento, concretos estructurales, terraplenes, pedraplenes y otros usos y al acopio de información necesaria para obtener los permisos de explotación ante las autoridades competentes, teniendo en cuenta los criterios y requisitos establecidos en el numeral correspondiente el Estudio de Impacto Ambiental.

Este capítulo deberá contener los resultados tanto de los trabajos de campo, como de los ensayos de laboratorio realizados sobre muestras representativas de las fuentes estudiadas, así como la determinación de volúmenes aprovechables y métodos de explotación.

Se deberá incluir un esquema de localización de las fuentes, así como esquemas individuales para las finalmente recomendadas, en los cuales se indiquen los accesos, su estado y tipo de superficie, distancias al proyecto, ubicación de los puntos donde se tomaron las muestras representativas, tipos y volúmenes de material utilizable y descartable, descapote, y sistemas recomendados de explotación y producción. Igualmente, se incluirá un diagrama claro con el plan de utilización recomendado.

Así mismo, se presentará en forma clara el volumen aprovechable, lo mismo que el material de descapote de las fuentes seleccionadas.

Si las alternativas de estructuras de pavimento contemplan el uso de capas estabilizadas, se deberán estudiar en el laboratorio las alternativas de estabilización de los materiales disponibles, presentando los cálculos y resultados de los diseños respectivos.

Para el caso de las mezclas asfálticas y de hormigón, se deberán presentar los cálculos y los resultados de los diseños de laboratorio, fórmulas de trabajo, con los análisis y conclusiones correspondientes. En todos los casos, se deberá incluir tanto la información pertinente a los componentes constitutivos de las mezclas, como su combinación.

7.1 TRABAJOS DE CAMPO

Los trabajos de campo comprenden las actividades de Exploración, localización y accesos.

Se deberán realizar las investigaciones necesarias por medio de sondeos, apiques, trincheras u otros procedimientos para determinar los volúmenes disponibles de materiales y obtener las muestras representativas, las cuales se deberán someter a ensayos que permitan definir las

características de los materiales para los diversos usos, teniendo en cuenta las especificaciones generales y particulares de construcción de materiales aplicables al proyecto.
Se hará la descripción y caracterización de las fuentes de materiales, describiendo los sitios donde se realicen apiques y perforaciones, realizando la respectiva localización en un plano.
Igualmente, deberá presentarse un esquema de localización indicando los accesos y su estado, distancias a la obra, así como puntos de investigación del subsuelo, en concordancia con los requerimientos del Plan de Manejo Ambiental.

7.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Se presentarán los resultados de todos los ensayos de laboratorio llevados a cabo, indicando los usos, métodos de explotación, normas y las observaciones que se deriven de cada uno de ellos para cada fuente.
Se deberán realizar todos los ensayos de laboratorio contemplados en las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y los procedimientos de las Normas de Ensayos de Materiales para Carreteras del INVÍAS, según el uso que se pretenda dar a los materiales de las diferentes fuentes. En el caso de agregados para mezclas asfálticas, se deben realizar adicionalmente ensayos de sección delgada.
Debe indicar el volumen estimado del material por utilizar por cada fuente de material.
Se deberá indicar, en caso de ser necesaria, la utilización de explosivos o cualquier técnica especial para la explotación de la fuente.

7.3 ANÁLISIS PLAN DE UTILIZACIÓN

Se debe elaborar un plan de utilización de fuentes y acarreos de materiales para cada fuente estudiada.
El plan de utilización de fuentes y materiales debe indicar las abscisas de origen y terminación del proyecto, el nombre de las ciudades o poblaciones correspondientes a estas abscisas. Debe incluir una descripción clara del sitio de ubicación de la fuente anotando la abscisa y la carretera o carreteable en la cual se encuentra ubicada.
Es importante anotar si hay acceso a la fuente. En caso contrario, se debe indicar la longitud aproximada de construcción.
Se debe indicar el uso previsto para los materiales en la construcción de: terraplenes, capas granulares, capas estabilizadas, capas asfálticas, tratamientos superficiales, concretos hidráulicos o el que se defina en el diseño.
Debe indicar el volumen estimado del material a utilizar por cada fuente de material.
Se deberá indicar en caso de ser necesaria la utilización de explosivos o cualquier técnica especial para la explotación de la fuente.

CAPÍTULO 8. DISEÑO DE SOLUCIONES DE REHABILITACIÓN PARA PAVIMENTOS EXISTENTES

8.1 REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Si dentro de la evaluación realizada por el Consultor y el Interventor, dependiendo del nivel de daños, su extensión, profundidad y gravedad y el nivel de reparación que requiere el tramo

afectado se encuentra que es aplicable implementar la rehabilitación se atenderán LOS lineamientos establecidos en este numeral.
De ser aplicable, se deberá incluir un estudio y análisis completo de alternativas de intervención analizadas de acuerdo con las metodologías y criterios incluidos en la Guía Metodológica para el Diseño de Obras de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos del INVÍAS. Como allí se indica, las soluciones propuestas deben ser analizadas por métodos empíricos (AASHTO/93) y métodos racionales.
Para el caso de rehabilitación se pavimentos asfálticos, de acuerdo con el estado del tramo vial, objeto de rehabilitación, analizado bajo la evaluación funcional y estructural del pavimento existente, se seleccionará el tipo de intervención requerida, ya sea refuerzo con previo parcheo, fresado y refuerzo con carpeta, reciclado, reconstrucción, otros, etc., siguiendo los lineamientos establecidos en la "Guía metodológica para el Diseño de Obras de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos de Carreteras.
Los análisis se pueden complementar con otras metodologías recomendadas por el especialista de la consultoría con el visto bueno de la Interventoría, de allí se debe extraer la mejor alternativa que sea técnica, económica, ambiental y funcional para el proyecto. Para tal fin, se tendrá en cuenta la información geotécnica y el análisis de tránsito (número de repeticiones esperadas.
El período de diseño del pavimento será el que establezca el manual de pavimentos del INVÍAS, de acuerdo con las características de la vía.

8.2 PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES DE REFUERZO

Si la condición del pavimento hace factible el planteamiento de soluciones con refuerzo sobre las capas antiguas, el Consultor deberá presentar un estudio y análisis completo de mínimo dos (2) alternativas de intervención básicas con capas asfálticas nuevas de refuerzo sobre capas antiguas preparadas adecuadamente (parcheo, colocación de capas de retardo de fisuras, etc).

8.3 PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES CON RECICLAJE

El Consultor deberá presentar un estudio y análisis completo de mínimo dos (2) alternativas de intervención que incorporaren el uso óptimo de los materiales existentes en la vía, a través de técnicas de reciclado en frío o en caliente y estabilización.

8.4 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Cuando esta tecnología sea aplicable para la reparación del tramo afectado, todas las diferentes alternativas propuestas, que deben ser técnicamente equivalentes, serán evaluadas económica y ambientalmente para establecer el beneficio costo para escoger las mejores soluciones para el proyecto. En el proceso de análisis deberán tenerse en cuenta los criterios de sostenibilidad.

CAPÍTULO 9. DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA AMPLIACIONES Y TRAMOS NUEVOS

Para cada unidad homogénea de diseño, se deberán analizar varias alternativas de pavimento que resulten factibles para las condiciones del proyecto, haciendo énfasis en el mejor aprovechamiento de los materiales disponibles.
Las alternativas deberán ser evaluadas y comparadas para seleccionar las estructuras de pavimento más apropiadas para cada sector homogéneo.

9.1 PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES BÁSICAS DE PAVIMENTOS

Contendrá un estudio y análisis completo de mínimo dos (2) alternativas estructurales, definidas de acuerdo con las metodologías de los manuales y guías de diseño de pavimentos vigentes del INVÍAS; los análisis se podrán complementar con otras metodologías recomendadas por el especialista de la consultoría, que sean reconocidas en el ámbito de la literatura especializada de entes Normalizadores en la ingeniería de pavimentos, con el visto bueno de la Interventoría con el visto bueno de la Interventoría.
En caso de que los estudios indiquen que hay escasez de agregados de buena calidad en la zona para la construcción de bases y subbases granulares, las soluciones básicas deben contemplar alternativas con bases y/o subbases estabilizadas.

9.2 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS CON APROVECHAMIENTO ÓPTIMO DEL MATERIAL EXISTENTE EN EL CORREDOR

Con el fin de analizar el aprovechamiento óptimo de los materiales existentes en el corredor, se deberán plantear de mínimo dos (2) alternativas estructurales adicionales, contemplando:

- Aprovechamiento de los mejores materiales presentes en el corredor (materiales seleccionados o adecuados según las especificaciones INVÍAS, Artículo 220) para mejorar la capacidad de soporte de la subrasante y reducir los espesores de las capas estructurales.
- Aprovechamiento general de los mejores materiales presentes en el corredor mediante estabilización, con el objeto también de para mejorar la capacidad de soporte de la subrasante y reducir los espesores de las capas estructurales.

Las alternativas de estabilización por considerar deben estar dentro de las incluidas en las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVÍAS.

9.3 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS PARA REDUCCIÓN DEL USO DE AGREGADOS

Con el fin de evaluar la posibilidad de reducir al máximo el uso de agregados en las estructuras de pavimento (reducción de uso de recursos naturales), se deben plantear mínimo dos (2) alternativas estructurales contemplando la posibilidad de mejorar sustancialmente la capacidad de soporte de la subrasante por medio de técnicas como: uso de geosintéticos o capas estabilizadas de subrasante de alta resistencia.
Las alternativas de estabilización por considerar deben estar dentro de las incluidas en las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVÍAS.

9.4 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Todas las diferentes alternativas propuestas, que deben ser técnicamente equivalentes, serán evaluadas económica y ambientalmente para establecer el beneficio costo para escoger las mejores soluciones para el proyecto. En el proceso de análisis deberán tenerse en cuenta los criterios de sostenibilidad.

CAPÍTULO 10. DISEÑO DE MEZCLAS

Se entregará informe de resultados de laboratorio del diseño de las diferentes mezclas que se prevea van a emplearse en la construcción del pavimento, indicando en cuadros y/o gráficos los análisis correspondientes y las conclusiones deducidas.
Cuando para la reparación del tramo afectado sea aplicable la tecnología del reciclaje, se tendrán en cuenta reciclajes en frío o en caliente, En particular, se tendrán en cuenta reciclajes en frío o en caliente, estabilizaciones de capas estructurales y suelos de subrasante, así como mezclas asfálticas y de concreto. Se deberán indicar, además, recomendaciones especiales y en caso de ser necesario formular las especificaciones particulares en cuanto a fabricación y/o construcción.

CAPÍTULO 11. SECCIONES TRANSVERSALES

Deberán incluirse los planos de las secciones típicas, de las diferentes secciones transversales del pavimento, indicando las características más importantes, así como situaciones particulares. Los dibujos pueden hacerse a escala o indicando claramente las dimensiones, de todos los elementos de cada sección transversal.
En caso de que se presenten ampliaciones de la calzada para la vía proyectada se debe indicar claramente la manera en que se realizarán las transiciones entre estructuras y cuál será la ubicación de la vía actual con relación a las ampliaciones a lo largo del proyecto.
En el caso de proyectos de pavimento rígido en el informe se debe incluir planos de modulación de losas y juntas, que faciliten las actividades de obra.
Las secciones deben incluir, donde se requiera, los sistemas de drenaje y subdrenaje.

CAPÍTULO 12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Consultor debe presentar en forma clara las conclusiones a que llegó el estudio, indicando las precisiones de éste, de igual manera las sugerencias o aportes que genera el estudio para ser tenidas en cuenta, antes, durante la construcción, y durante la etapa de operación.
Dentro de las recomendaciones, se deben incluir, al menos, los siguientes aspectos:

12.1 SUBRASANTE

- Clases de subrasante en el proyecto.
- Si los diseños incluyen el mejoramiento de la subrasante, describir los criterios de mejoramiento y su justificación, las actividades de mejoramiento y los ensayos y pruebas para verificar la capacidad de la subrasante mejorada durante la construcción.
- Manejo de la subrasante durante la construcción.
- Ensayos y pruebas para verificar la capacidad de la subrasante durante la construcción.
- Requisitos de compactación para la subrasante, indicado espesor y ensayo de referencia (INV E-141 o E-142).

12.2 ESTABILIZACIONES: RECICLAJES, CAPAS ESTRUCTURALES, SUBRASANTE

- Controles especiales en el proceso de fabricación de la mezcla, si se requieren.

- Ensayos de laboratorio de control a la mezcla producida.
- Ensayos de control a los materiales originales (agregados para reciclajes, si se requieren).
- Equipos recomendados.
- Medidas especiales en situaciones ambientales adversas.

12.3 PAVIMENTOS FLEXIBLES

- Controles especiales en el proceso de fabricación de la mezcla, tanto nueva como reciclada, si se requieren.
- Ensayos de laboratorio de control a la mezcla producida.
- Ensayos de control a los materiales granulares.
- Equipos recomendados.
- Medidas especiales en situaciones ambientales adversas.
-

12.4 PAVIMENTOS RÍGIDOS

- Controles especiales en el proceso de fabricación de la mezcla de concreto, si se requieren.
- Ensayos de laboratorio de control a la mezcla producida.
- Ensayos de control a los materiales granulares.
- Equipos recomendados para la colocación.
- Medidas especiales en situaciones ambientales adversas.
- Criterios para definir umbrales de corte de losas.
- Recomendaciones en la disposición de las losas según su modulación. Para las losas irregulares, se debe incluir el diseño y los detalles del refuerzo, así como las recomendaciones para su instalación.
- Características mínimas de las formaletas.

12.5 PAVIMENTOS ARTICULADOS

- Ensayos comprobatorios de resistencias de los adoquines.
- Recomendar la disposición de los adoquines según diseño.
- Especificaciones particulares de materiales de soporte como arenas de base y sello, si se requieren.
- Especificar el proceso constructivo de colocación y sellado de adoquines.
- Especificar los elementos de confinamiento de acuerdo con pendientes longitudinales.

12.6 SUBDRENAJE

En conjunto con el estudio de hidrología y drenaje, se deberán incluir las recomendaciones sobre las medidas de subdrenaje que se requieran para garantizar la durabilidad de las estructuras de pavimento.

ANEXOS.

- Mapa de localización del proyecto.
- Registro de perforaciones y apiques de exploración en el terreno y ubicación en plano.
- Resultados de evaluación de pavimentos existentes incluyendo los perfiles de las estructuras encontradas.

- Resultados e informe de la evaluación funcional y estructural para proyectos de rehabilitación.
- Resultados de ensayos de laboratorio.
- Tablas de resumen de los ensayos de campo y laboratorio indicando, para cada muestra o ensayo, el número de la exploración, la localización (abscisa) y la profundidad.
- Plan de utilización de fuentes de materiales.
- Perfil estratigráfico en toda la longitud del proyecto.
- Plano de secciones típicas – secciones transversales.
- Memorias de cálculo.
- Fotografías.
- Planos tipológicos estructurales con formato para sectorización.

Se recomiendan las siguientes escalas para los planos:

- Planos de planta: 1/1000.
- Perfiles estratigráficos: 1/1000H y 1/100V.
- Secciones típicas de pavimento: 1/50.
- Detalles: 1/20.

Toda la información deberá presentarse en medio impreso y en medio digital. La información en medio digital deberá cumplir los requerimientos del sistema BIM del proyecto.

4.11. VOLUMEN XI. ESTUDIO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS

Para el desarrollo del Informe de ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PUNTOS CRÍTICOS del presente volumen de manera general debe considerar como mínimo los siguientes capítulos:

CAPITULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES
CAPITULO 2. METODOLOGÍA
CAPITULO 3. RECOPILACIÓN Y TOMA DE INFORMACIÓN
CAPITULO 4. ASPECTOS TÉCNICOS
CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
CAPÍTULO 6 ENTREGABLES Y ANEXOS

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES

1.1 OBJETIVO

El objetivo principal con estos ESTUDIOS Y DISEÑOS ESTRUCTURALES DE PUNTOS CRÍTICOS – VÍAS EXISTENTES es obtener la información y los diseños de las intervenciones necesarias sobre los puentes, pontones, viaductos, estructuras para túneles falsos, estructuras de contención de tierras, estructuras de drenaje o cualquier estructura vial complementarias que atraviesen el eje definitivo del proyecto y/o esté dentro de la área de influencia del mismo, para dar solución a los puntos críticos existentes en el corredor vial estudiado de manera rápida y eficiente.

El Consultor efectuará los estudios y diseños de todas las intervenciones que se requieran en las estructuras, para evitar que se produzca algún desastre y en caso desafortunado de que ya se haya producido, se presentará soluciones que mitiguen, estabilicen y corrijan los puntos críticos existentes en la vía.

1.2 ALCANCE

Una vez identificado los tramos de carretera con mayor vulnerabilidad a deslizamientos, inundaciones, inestabilidad de taludes, avalanchas, procesos de erosión, socavación lateral, o zonas de alta accidentalidad, entre otros, se estudiará, analizará y diseñará estructuras nuevas, reforzamiento o intervención sobre las estructuras existentes, según aplique y dado los requerimientos existentes en cada punto crítico.

El Consultor partiendo del conocimiento de todos los parámetros establecidos en los estudios complementarios aplicables requeridos como la topografía, batimetría, geología, geotecnia, fundaciones, estabilidad de taludes, hidráulica, hidrología, socavación, estudios ambientales, tránsito, trazado de la vía, entre otros, y sus evaluaciones de riesgos o vulnerabilidad, presentará el estudio y diseño estructural de las intervenciones que tengan lugar para evitar, mitigar, estabilizar o corregir los puntos críticos.

Acorde a los estudios de vulnerabilidad de riesgo de desastres naturales y existencia de puntos de alta accidentalidad, se garantizará tener una vía eficiente y segura, proporcionando una operación eficiente y sensación de seguridad al usuario, indicándose las intervenciones necesarias para dar solución a las problemáticas o carencias presentes en la vía. Se requiere que se entregue toda la información necesaria para materializar en campo las intervenciones seleccionadas como más eficientes, rápidas y seguras.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

Un desastre es un evento o suceso que ocurre, en la mayoría de los casos, en forma repentina e inesperada, causando no solo daños, destrucción y/o pérdida sobre infraestructura pública, sino daños severos sobre el medio ambiente, sobre la salud de una población, posibles pérdidas de vida humana, entre otras. Un desastre puede ocasionar desorganización de los patrones normales de vida; genera adversidad, desamparo y sufrimiento en las personas, efectos sobre la estructura socioeconómica de una región o un país, incluso puede modificar el medio ambiente; y por ende se debe dar asistencia e intervención inmediata. Los Puntos Críticos, son los lugares o estructuras que presentan un alto riesgo de ocurrencia de un desastre, ya sea por causas naturales o por aspecto de seguridad vial, en zonas de alta accidentalidad.

Es necesario que se haya identificado y evidenciado los puntos críticos que requieren de manera inmediata algún tipo de intervención estructural. Cada año en Colombia, durante la temporada de lluvias se generan daños a la población y a la infraestructura que se encuentra cercana a los ríos, arroyos, zonas de laderas, taludes; al generarse deslizamientos, avalanchas, erosión, inundaciones, inestabilidad de taludes, socavación de estructuras, entre otras, afectando no solo a la infraestructura sino a las comunidades aledañas a estos puntos críticos.

El Consultor deberá definir una Metodología para el desarrollo del ESTUDIOS Y DISEÑOS ESTRUCTURALES DE PUNTOS CRÍTICOS– VÍAS EXISTENTES, documento que se deberá entregar a la Interventoría para su aprobación; y en el cual, se detallará la información secundaria y primaria con que se realizará el estudio, y los trabajos de campo.

La obtención de información primaria es fundamental, por consiguiente, se realizará reconocimiento de las estructuras y de los puntos críticos; con inspecciones y levantamientos estructurales, previamente se elaborará fichas de toma de información. En conjunto con las visitas *in situ*, se recolectará información secundaria detallada, actualizada, precisa y confiable, con esta información se identificar la ubicación, características y cantidad de las intervenciones requeridas para la estabilización de los puntos críticos o se establecerá los estudios adicionales a realizar para establecer dichas intervenciones.

Se presentará como mínimo sin limitarse a estos la ubicación, contexto de las necesidades de las intervenciones, memorias de cálculo, planos estructurales con detalles constructivos y despieces, dimensiones, secciones de elementos, materiales, especificaciones, procesos constructivos, ensayos a desarrollar, cantidades, análisis de precios unitarios, recomendaciones, posibles riesgos, presupuesto, cronograma de intervención, y cualquier otro documento que sea relevante para dar inicio a la materialización de las intervenciones en los puntos críticos, lo más pronto posible. Las intervenciones deben ser prácticas, rápidas, eficientes y seguras, ya sea mantenimiento, rehabilitación, reforzamiento, reposición, reubicación, estructura nueva complementaria o de protección, entre otras.

2.1 ESPECIFICACIONES Y NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

El análisis y diseño de todas las estructuras, deberá cumplir como mínimo, pero sin limitarse a estos, con los requerimientos pertinentes establecidos en las últimas versiones de los siguientes documentos:

- Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras.
- Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP2014 – Resolución 108 de 2015 – Ministerio de Transporte.
- *Standard Specifications for highway bridges*, para todos los casos que no se contemplen en el código colombiano de diseño sísmico de Puentes, o en los casos donde los procedimientos contemplados en su texto ya no sean válidos a la fecha del proyecto.
- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-Resistente NSR-10.
- ICONTEC.
- ASTM.
- AWS Asociación Americana de Soldadura Especificación AWS D1.5 Bridge Welding Code versión vigente.
- AASHTO.
- En lo que aplique, el Sistema de Gestión de Puentes, acogido por la Entidad para la fecha de ejecución de los estudios.

La aplicación de cualquier norma no referenciada o como alternativa de las anteriormente citadas, deberá ser claramente justificada y aprobada por la Interventoría.

2.2 DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE LAS ESTRUCTURAS

Para el diagnóstico del estado de las estructuras se llevará a cabo varias fases, dentro de las cuales se encuentra las siguientes fases:

1. Documentación, en la cual se recopila la información existente.
2. Inspección, en la cual se realizan visitas en campo con la finalidad de evaluar el estado en el que se encuentran, identificando el tipo de sistema estructural, las lesiones presentes y si se ve pertinente se realiza la localización de puntos de muestreo para la realización de ensayos que permitirán caracterizar los materiales.
3. Levantamiento estructural.
4. Diagnóstico, con base en el análisis de la información obtenida en las inspecciones, y documentación se establece la acción a seguir acorde a las condiciones de las estructuras, condiciones y necesidades de corredor. Ya sea la realización de estudio adicionales o propuesta de alguna intervención.

Una vez aprobada la ficha de toma de información en campo, por la interventoría, se iniciará con las inspecciones, en las cuales se recolectará y registrará la información del estado actual de las estructuras, de cada elemento estructural, prestando especial atención a las patologías presentes, tales como fisuras, grietas, deterioro, etc. Se especificará la ubicación de las misma con el registro fotográfico correspondiente. Paralelamente a la aprobación de las fichas de inspección se adelantará la documentación y obtención de información existente, antecedentes de operación y comportamiento estructural de cada estructura. En campo también se deberá llevar a cabo el levantamiento estructural.

El análisis y diagnóstico de las estructuras se basará de la inspección, levantamiento estructural y al informe sobre la información existente, antecedentes de operación y comportamiento estructural, obtenidos previamente. El diagnóstico especificará en los casos que aplique la necesidad de realizar un estudio adicional, como un estudio de patología, estudio de vulnerabilidad sísmica, realización de ensayos, estudio de capacidad de carga, diseños de reforzamiento estructurales o cualquier otro estudio necesario según cada estructura.

2.2.1 DOCUMENTACIÓN

Se solicitará copia de la información existentes de las estructuras, en las diferentes entidades que aplique, adicionalmente se recogerá información de sucesos ocurridos que pudieran ser relevantes. Se presentará un informe sobre la información recolectada en las diferentes entidades, antecedentes de operación y comportamiento de las estructuras.

2.2.2 INSPECCIONES

El trabajo de inspección se basa en hacer una visita técnica a detalle y especializada, para identificar lecciones, daños, o fallas, en las estructuras, se podrá definir si la causa son deficiencias en el diseño, en los materiales que se usaron durante la construcción, cambios de diseño sin ser previamente evaluados, a incendios, sismo, entre otros.

1. Realizar un inventario físico detallado de las patologías presentes en los elementos estructurales con las dimensiones, componentes, tipologías, dimensiones, etc.
2. Identificar la sintomatología presente, su tipo, cantidad y ubicación en los elementos que integran la estructura.
3. En caso de que se presenten daños estructurales, establecer las posibles causas de los daños en la estructura, la magnitud y su nivel de afectación.

2.3.3 LEVANTAMIENTO ESTRUCTURAL

Para realizar la verificación de la información de planos y memorias, en la documentación recolectada, se realizará el levantamiento estructural en campo. Se recomienda realizar la recolección de la información antes de iniciarse los levantamientos, como insumo base que facilitarán los recorridos y reconocimientos en campo. El levantamiento estructural será también un insumo importante para los estudios posterior a realizar en las estructuras. La información mínima a registrar es la localización, las dimensiones de las secciones, los tipos, cantidades, disposición e interacción de los diferentes elementos estructurales, de cada estructura.

2.3.4 DIAGNÓSTICO

Luego de que el profesional ha terminado con las actividades de campo, se analizará y se obtendrá un diagnóstico con el cual se podrá clasificar las estructuras de la siguiente manera, por ejemplo:

- No requieren intervención.
- Se requiere mantenimiento rutinario.
- Se requiere un mantenimiento más específico como, por ejemplo, el sellado de fisuras generadas por factores de durabilidad, donde estas no representan un riesgo sobre algún elemento principal.
- Se requiere definir una intervención de mayor impacto, la cual requiere del soporte técnico o a través de la elaboración de estudios especiales, para definir la misma:
- Se requiere rehabilitación modificación parcial o totalmente la estructura, por temas de servicio.
- Estudio de capacidad de carga, para estimar la capacidad admisible de las estructuras para una nueva condición de carga, como por ejemplo el incremento en el tráfico y por consiguiente incremento en la solicitud de cargas.

- Realización de ensayos para caracterización de los materiales, en cuanto a sus condiciones de resistencia a compresión, módulo de elasticidad estático o propiedades de durabilidad, características físicas y mecánicas de los elementos estructurales.
- Al verse comprometida la seguridad se considerará realizar una repotenciación o un reforzamiento, requiriéndose un estudio de patología y estudio de vulnerabilidad sísmica, entre otros.
- Diseños de estructuras nuevas o complementarias.
- Demolición de estructuras actuales y obras nuevas por completo.
- Cualquier otro estudio y análisis necesario para definir las intervenciones necesarias de mantenimiento, rehabilitación repotenciación, reforzamientos, construcción de estructuras complementarias o nuevas, sobre las estructuras.

2.3 FILOSOFIA DE ANALIS Y ESTUDIO

Después del estudio del riesgo y vulnerabilidad, según la Ley 1523 de 2012, con la definición de los puntos críticos, se deberá garantizar que las soluciones presentadas son construibles y permitirán tener una vía segura, satisfaciendo los requisitos de la normativa que aplique. No se impone al Consultor alguno método de análisis y estudio, sin embargo, el método implementado debe ser aprobado por la interventoría previamente.

2.4 AGENTES PERTURBADORES

Se considerarán todos los agentes perturbadores posibles:

1. Fenómenos geológicos: son aquellos fenómenos en los que intervienen la dinámica y los materiales del interior o superficie de la tierra; tales como:

    - Sismicidad.
    - Vulcanismo.
    - Maremotos.
    - Movimientos de laderas y suelos.

2. Fenómenos hidrometeorológicos: son los que se generan por la acción extrema de los fenómenos atmosféricos; siguen los procesos de la climatología y del ciclo hidrológico, entre ellos:

    - Lluvias.
    - Granizadas.
    - Nevadas.
    - Heladas.
    - Sequias.

3. Fenómenos químicos: son los asociados a la producción, manipulación, almacenamiento y transportación de sustancias químicas, tales como:

    - Derrame.
    - Fuga.

- Incendio.
- Explosión.

4. Fenómenos sanitario-ambientales: son los eventos relacionados con la contaminación, la actividad agrícola y la salud, como son:

    - Contaminación ambiental.
    - Desertificación.
    - Epidemias.

5. Socio-organizativos: se dan en el marco de grandes concentraciones o movimientos masivos de población, puede ser motivada por errores humanos o acciones premeditadas, como:

    - Accidentes.
    - Grandes concentraciones de población.
    - Sabotaje o terrorismo.

2.5 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN.

Se propondrán, mínimo 2 alternativas de solución para los diferentes puntos críticos, teniendo en cuenta los resultados de los estudios realizados de hidrología, hidráulica, geotecnia, socavación, las causas de riesgos y los agentes perturbadores, entre otros, de los diferentes puntos críticos que requieren de la construcción de estructuras nuevas, reforzamientos o intervención de las obras existentes. Según los riesgos involucrados, se deberá cuidar de elegir ubicaciones favorables, es decir, ubicaciones que:

- Se ajusten a las condiciones de la zona de influencia.
- Faciliten la construcción, operación, inspección y mantenimiento práctico y efectivo desde el punto de vista de los costos.
- Satisfagan los niveles de servicio y seguridad de tráfico deseados.
- Minimicen los impactos adversos de la carretera.
- Para la selección de la alternativa solución, se implementará algún método de análisis de toma de decisión, la cual será previamente aprobada por la interventoría, garantizando una evaluación interdisciplinaria e imparcial. Algunos métodos reconocidos mundialmente son: Método basado en valores como el *Analytic Hierarchy Process AHP*, Método de clasificación ELECTRE, Método tabular *Choosing By Advantage CBA*, entre otros. No se impone al Consultor la implementación de alguno de los métodos anteriormente nombrados, el método de evaluación y selección de alternativas será acordado entre el Consultor e interventoría. Las alternativas que tenga algún factor que la haga descartable, deja de ser una alternativa de estudio, y todas las alternativas estudiadas deberán alcanzar el objetivo.
- Los factores de evaluación son los aspectos o indicadores a los cuales se les va a dar un valor, el cual debe estar dentro de un rango. Se definirá de manera clara y concisa los factores con sus criterios de evaluación respectivos, es decir se establecerá un

rango dentro en el cual se tendrá valores favorables o deseables a obtener según cada factor.

- Según la metodología que el Consultor considere, la cual deberá ser aprobada por la interventoría, se definirá las unidades de medida, rangos admisibles, criterios favorables o deseables según cada factor y detallará la información secundaria y primaria con que se realizará el estudio, y los trabajos de campo. La ponderación o peso de cada factor de evaluación dependerá de cada proyecto y será establecido por el Consultor, con aprobación por parte de la interventoría, el cual podrá apoyarse en mesas de trabajo de los interesados en el proyecto, Consultor, interventoría, supervisores del contrato en el INVÍAS, y si se considera necesario se invitará a las entidades locales según la localización en la que se desarrolla la estructura.

Después de aprobada de la metodología de evaluación de alternativas con los porcentajes o pesos de ponderación de cada factor a evaluar, se procederá con la obtención de información primaria, con la cual se alimentará las matrices de evaluación, como por ejemplo la estimación de cantidades y presupuesto (con valores históricos, cuantías aproximadas), posibles puntos de acceso de las intervenciones, estimación del tiempo en ejecución, proveedores de materiales, maquinaria o equipos en la zona, ensayos requeridos en la etapa dos de factibilidad **y demás información que se requiera para la evaluación y selección de alternativa acorde a la metodología de análisis de toma de decisión a implementar.**

2.6 NIVEL DE DESARROLLO

Una vez seleccionada las alternativas solución de cada punto crítico se elaborará y presentará los diseños estructurales definitivos de todas las obras requeridas, dichos diseños deben especificar como mínimo y sin limitarse a estos la ubicación, contexto y descripción de los factores perturbadores, memorias de cálculo, planos estructurales a detalles con despieces y detalles (conexiones, anclajes, correas, cables, etc.), dimensiones y secciones de elementos, materiales, especificaciones, procesos constructivos, ensayos a desarrollar si aplica, cantidades, análisis de precios unitarios, recomendaciones, presupuesto, cronograma de obra, programación, y cualquier otro documento que sea relevante para dar inicio a la materialización de las intervenciones.

2.7 SOFTWARE Y PROGRAMAS DE COMPUTADOR

El Consultor es responsable de la implementación de programas de computador usados para facilitar el análisis estructural y de la interpretación de los resultados. La modelación matemática debe incluir las cargas, las geometrías y el comportamiento del material de la estructura.

2.8 PLANOS PARAS LAS INTERVENCIONES.

Se sugiere implementar la metodología BIM, *Building Information Modeling* que es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, la cual se permite detectar y subsanar en tiempo real posibles inconsistencias, interferencias, y conflictos entre especialidades. En caso de que el contrato no lo exija y que el Consultor no desee implementar BIM, los planos se deberán ejecutar en un software CAD, de tal forma que se entregue archivos en formatos DWG y PDF. Los planos en sus dos formatos deberán tener una expresión y escala adecuada de tal manera que todo el contenido de los planos sea claro y legible, además de estar completos y acordes a lo establecido en la NTC 1580. DIBUJO TECNICO ESCALAS.

2.9 CANTIDADES DE OBRA

Las cantidades de obra se calcularán con base en los planos elaborados. El Consultor tendrá en cuenta que las cantidades de obra deberán cuantificarse en unas memorias de cantidades que puedan ser confirmadas.

2.10 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS Y PRESUPUESTO

El análisis de los precios unitarios para cada ítem estará de acuerdo con las especificaciones, materiales y planos, considerándose los factores regionales tales como las restricciones relacionadas con la disponibilidad de materiales, fabricación, ubicación, transporte, puntos de acceso a la obra y mano de obra calificada.

2.11 PROGRAMACIÓN O CRONOGRAMA

Se elaborará un programa general de pasos previos al inicio de obra y pasos durante la ejecución, en el cual se siga un orden cronológico, señalando las interrelaciones entre los diversos trabajos y garantizando que todas las obras queden concluidas con la calidad técnica requerida, con una duración y valor económico coherente a las intervenciones a realizar, recomendando un número de frentes de trabajo y ritmo requerido durante los trabajos.

El Consultor utilizará uno de los softwares del mercado como Project, Primavera o similar, mostrándose el cuadro de recursos y asignación de los mismos, diagrama de Gantt con ruta crítica y el análisis de tiempos de acuerdo a los rendimientos calculados para los recursos.

CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN Y TOMA DE INFORMACIÓN

Se efectuará retroalimentaciones permanentes entre los distintos campos y especialidades de la ingeniería, y de otras disciplinas que intervienen en el proyecto. El Consultor especialista estructural deberá validar que de los parámetros tomados sean en efecto los parámetros establecidos de las otras especialidades.

- Topografía.

- Estudio de Geología para Ingeniería y Geotecnia.
- Estudio de Suelos para Diseño de Fundaciones.
- Estudio de Riesgo según la Ley 1523 de 2012.
- Estabilización de Taludes.
- Estudio Geotecnia.
- Diseño del Pavimento.
- Estudio Hidrología.
- Hidráulica y Socavación.
- Plan Ambiental.
- Estudio de Evaluación Económica.
- Estudio de sostenibilidad.
- Volumen del tráfico e índices de accidentalidad en un punto especifico.
-

CAPÍTULO 4. ASPECTOS TÉCNICOS

El Consultor deberá considerar y validar como mínimo, los parámetros de diseño establecidos en las normas y manuales del INVÍAS según aplique la tipología de la estructura, para asegurarse de que las estructuras existentes son seguras, capaces de soportar no solo las cargas de servicio, sino que también son capaces de responder ante un posible desastre, sismo, deslizamiento, avalancha, inundación, socavación, además de evaluarse las zonas de alta accidentalidad para mejorar la seguridad del usuario. En caso que ya haya ocurrido algún desastre, deberá realizar el diseño de las intervenciones a realizar para dar solución, de manera rápida.

4.1 ANÁLISIS DE RIESGOS

Se considerará todos los posibles AGENTES PERTURBADORES que puedan implicar un riesgo a las estructuras, dando una solución que garantice la seguridad y operacionalizad de la vía. (socavación, inundación, derrumbes, avalanchas, alta accidentalidad etc.).

4.2. TIPOS DE ESTRUCTURAS

4.2.1. ESTRUCTURAS MAYORES, PUENTES, PONTONES, VIADUCTOS Y ESTRUCTURAS PARA TÚNELES FALSOS

Para las estructuras mayores que deban ser intervenidas, se presentará las memorias de cálculo, estudios específicos, los estudios de vulnerabilidad, o cualquier otro análisis requerido, para demostrar la necesidad urgente de las intervenciones.

Para puentes, pontones y viaductos se comprobará que no se está cumpliendo la Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP2014 – Resolución 108 de 2015 – Ministerio de Transporte o la normativa que se encuentre vigente.

En el caso de requerir estructuras para túneles falsos, estos elementos deberán ser desarrollados con la finalidad de contener empujes de tierras y/o soportar caídas de material proveniente de laderas, siguiendo las indicaciones presentadas en el estudio de suelos, geología, entre otros, se deberá definir los procesos constructivos y verificar las condiciones de estabilidad de las estructuras por construir. Se garantizará el cumplimiento de la normativa que aplique, se podrá usar normas o códigos internacionales con la previa aprobación de la interventoría.

Se desarrollarán a nivel de detalle la alternativa solución aprobada por interventoría, ya sea reforzamiento, obra nueva o la intervención que tenga lugar. Al tratarse de puntos críticos, se dará un mayor puntaje a los factores calidad, tiempo y precio, para garantizar y dar solución lo más pronto posible.

Se deberá realizar un análisis de capacidad estructural, sísmico, hidráulico, hidrológico, socavación, análisis de apoyos estructurales y demás elementos que generen riesgos a la operación.

4.2.1.1 CONFIRMACIÓN DE LA SOLICITACIÓN DEL TRÁFICO

Se confirmará que los diseños y estados de las estructuras existentes cuentan con las condiciones y características adecuadas, para responder a las solicitudes de carga, según la carga muerta, la carga del tránsito actual, garantizando la seguridad y sensación de seguridad a los vehículos sobre o debajo del puente.

4.2.1.2 FACILIDAD DE INTERVENCIÓN

Las intervenciones que se decidan hacer sobre las estructuras se deberán plantear de tal manera que sean realizables, y se pueda materializar sin inconvenientes o contratiempos. Se deben considerar las condiciones climáticas e hidráulicas que pudieran afectar las intervenciones, indicándose las temporadas de lluvias, con un cronograma de obra.

Se indicarán los tipos de materiales, proveedores en la zona, metodología de construcción, mano de obra calificada, dimensiones y secciones, localización de la intervención, entre otros. En caso que existan restricciones al método constructivo, la documentación técnica deberá llamar la atención a dichas restricciones.

4.2.1.3 TÉCNICO

Se garantizará el cumplimiento con la Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP2014 – Resolución 108 de 2015 – Ministerio de Transporte o la normativa que aplique, se podrá usar normas o códigos internacionales con la previa aprobación de la interventoría.

Se resalta la importancia de que la estructura cumpla todos los requisitos mínimos en las instalaciones de drenaje y medidas de autoprotección contra el agua, y las sales transportadas por el agua, garantizando un seguro y eficiente transporte de escorrentía en la vía, de manera que el daño y deterioro a la estructura está siendo el mínimo y se está maximizando la seguridad de los vehículos.

4.2.2 ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS

Se entiende como estructuras complementarias a las estructuras de contención de tierras, estructuras de drenaje o cualquier estructura vial complementaria, que atraviese el eje definitivo del proyecto y/o esté dentro del área de influencia del mismo.

4.2.2.1 ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

Estos elementos deberán ser desarrollados con la finalidad de contener los empujes de tierra y estabilizar laderas o cortes de terreno, por lo cual durante la etapa de estudio se seguirá las indicaciones presentadas en el estudio de suelos, las condiciones y elementos de drenaje, tipos de materiales a utilizar, resistencia de los componentes, procesos constructivos. Para las estructuras de contención que deban ser intervenidas a nivel de mantenimiento, se indicará las actividades necesarias a desarrollar, la localización de las intervenciones, procedimiento de las intervenciones, los materiales, mano de obra, cronograma, presupuesto detallado con los análisis de precio unitario y cantidades.

Para las estructuras de contención que deban ser intervenidas, a un nivel más complejo, con estudios adicionales, con análisis o estudios específicos, como un posible reforzamiento, obra nueva, se presentará los estudios de patología, estudios de vulnerabilidad, memorias de cálculo, análisis y estudios a realizados. En caso que se compruebe que no se está cumpliendo la Norma CCP14 SECCIÓN 11 - MUROS, ESTRIBOS Y PILAS, NSR-10 CAPITULO H.8 o la normativa que aplique. Se presentarán y desarrollarán a nivel de detalle el reforzamiento estructural, obra nueva, o la intervención que tenga lugar, con las cuales se dará solución, en concordancia al análisis de capacidad estructural, sísmica, hidráulico, hidrológico y de socavación, presión de tierras, análisis de apoyos estructurales y demás elementos que generen riesgos.

4.2.2.2 ESTRUCTURAS DE DRENAJE ALCANTARILLAS O BOX CULVERT

Para las zonas inestables en el corredor objeto de estudio, se deberán proyectar todas aquellas obras de drenaje requeridas para el control y disposición de aguas de escorrentía, subsuperficiales y superficiales. Las alcantarillas u obras de drenajes son estructuras cuya finalidad es garantizar la durabilidad, estabilidad y funcionalidad del proyecto. Se deberá realizar un análisis de capacidad estructural, sísmico, satisfacción en la capacidad hidráulica, condiciones hidrológicas, posibles socavaciones, y demás aspectos que generen riesgos a la operación.

Una vez se defina por las otras especialidades la necesidad de estructuras de drenajes nuevas, se diseñará la alcantarillas o estructuras de drenajes como lo establece el hidráulico, y cumpliendo con la Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP2014 o NSR-10 CAPITULO C23-TANQUES Y ESTRUCTURAS DE INGENIERIA AMBIENTAL DE CONCRETO, la normativa que aplique.

Las estructuras de drenaje que deban ser intervenidas, se presentará las memorias de cálculo, estudios específicos, los estudios de vulnerabilidad, o cualquier otro análisis requerido para demostrar la necesidad urgente de las intervenciones, como son estructuras cuya finalidad es garantizar la funcionalidad del proyecto, por lo cual, para las mismas se debió considerar los requisitos mínimos y condiciones presentadas en los diferentes estudios realizados por los demás componentes del proyecto en los diseños realizados.

Se deberá realizar un análisis de capacidad estructural, sísmica, hidráulico, hidrológico y de socavación, presión de tierras, análisis de apoyos estructurales y demás elementos que generen riesgos. Concluyendo si se está cumpliendo o no con la Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP2014 o NSR-10 CAPITULO C23-TANQUES Y ESTRUCTURAS DE INGENIERIA AMBIENTAL DE CONCRETO, o la normativa que aplique.

Para las estructuras de drenaje que deban ser intervenidas a nivel de mantenimiento, se indicarán las actividades necesarias a desarrollar, la localización de las intervenciones, procedimiento de las intervenciones, los materiales, mano de obra, cronograma, presupuesto detallado con los análisis de precio unitario y cantidades.

Para las estructuras de drenaje que deban ser intervenidas, a un nivel más complejo, con estudios adicionales, con análisis o estudios específicos, como un posible reforzamiento, obra nueva, se presentará los estudios de patología, estudios de vulnerabilidad, memorias de cálculo, análisis y estudios a realizados. En caso que se compruebe que no se está cumpliendo la Norma que aplique, se presentarán y desarrollarán a nivel de detalle el reforzamiento estructural, obra nueva, o la intervención que tenga lugar, con las cuales se dará solución, en concordancia al análisis de capacidad estructural, sísmica, hidráulico, hidrológico y de socavación, presión de tierras, análisis de apoyos estructurales y demás elementos que generen riesgos.

4.2.2.3 PUENTES PROVISIONALES

Conforme a validar los prototipos de sistemas de puentes provisionales existentes en la actualidad, se deberán adelantar las correspondientes revisiones, verificaciones y validaciones, así como indicar la configuración a implementar en el escenario de punto crítico, en el que un puente provisional brinde una solución inmediata.

Para ello, se deben revisar los siguientes aspectos, sin querer indicar que son los únicos:

- Inspeccionar las condiciones de los elementos de las piezas principales, como el estado de las conexiones de cada módulo que hace parte del ensamble general total del sistema de puente provisional.
- Analizar y revisar las condiciones de las zonas donde se requiere implementar dicha solución, donde se deberá requerir el apoyo técnico de otras especialidades que soporten y emitan su concepto final.
- Analizar y revisar a fondo la estructura bajo los diferentes tipos de casos de carga tanto a nivel de fases constructivas, como de cargas permanentes operativas estáticas lineales (sobrecargas), cargas transitorias (cargas móviles, peatonales) y de casos extremos (vientos, sismos, entre otros).
- Indicar el periodo máximo en el cual se deberá hacer uso de estos puentes que como su nombre lo indica, son de carácter provisional, donde estos solamente serán implementados para ofrecer una solución inmediata, mientras se procede a la elaboración de estudios y diseños para un puente nuevo, el cual brindará una solución definitiva.
- Cualquier otro aspecto que el Consultor considere pertinente revisar y que sea necesario para la implementación de este tipo de soluciones.

4.2.2.4 OTRAS ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS

El diseño de otras obras complementarias como peajes, estructura para los lineamientos de infraestructura verde vial o de cualquier otra índole no especificada anteriormente que atraviesen el eje definitivo del proyecto y/o esté dentro del área de influencia del mismo, se realizarán de acuerdo con las normativas que aplique, ya sea la Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP2014, la Norma de Sismo Resistencia NSR-10 o la que tenga lugar según el tipo de estructura.

1. Las estructuras que deban ser intervenidas a nivel de mantenimiento, se indicará las actividades necesarias a desarrollar, la localización de las intervenciones, procedimiento de las intervenciones, los materiales, mano de obra, cronograma, presupuesto detallado con los análisis de precio unitario y cantidades.
2. Para las estructuras que deban ser intervenidas a un nivel más complejo, con estudios adicionales, con análisis o estudios específicos, como un posible reforzamiento u obra nueva, se presentarán los estudios de patología, estudios de vulnerabilidad, memorias de cálculo, análisis y estudios a realizados. En caso de que se compruebe que no se está cumpliendo la Norma que aplique, se presentarán y desarrollarán a nivel de detalle el reforzamiento estructural, obra nueva, o la intervención que tenga lugar, con las cuales se dará solución, en concordancia al análisis de capacidad estructural, sísmica, hidráulica, hidrológica y de socavación, presión de tierras, análisis de apoyos estructurales y demás elementos que generen riesgos.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El informe final del estudio y diseño de puntos críticos de las estructuras deberá organizarse por capítulos que contengan la descripción de las actividades realizadas con sus correspondientes memorias y conclusiones. Se deben presentar todos los documentos y/o planos resultados del estudio y diseño que son requerido para la etapa de intervención o construcción, los cuales deben ser aprobados por la interventoría. El Consultor deberá compilar las conclusiones finales del estudio específico de cada una de las estructuras proyectadas y las recomendaciones particulares en cuanto los aspectos constructivos relevantes.

Aunado a especificar las intervenciones necesarias en cada estructura, se debe dejar claro la validación y confirmación con las otras especialidades, protección ambiental, estudios geológicos y geotécnicos, hidráulica, hidrología y socavación, económica, transpirabilidad, durabilidad, facilidad de construcción, facilidad de inspección y mantenimiento, seguridad del tráfico según lo especificado en los estudios de tránsito y transporte, entre otros.

CAPÍTULO 6. ENTREGABLES Y ANEXOS

Se entregarán planos de diseño con detalles constructivos, cantidades de obra, presupuesto y programación. Dentro de los productos correspondientes a los ESTUDIOS Y DISEÑOS PUNTOS CRÍTICOS ESTRUCTURAS – VÍAS EXISTENTES que deben ser entregados por el Consultor están:

- Informe sobre información existente, antecedentes de operación y comportamiento estructural de cada estructura (documentación).
- Inspección de todas las estructuras en el cual se especifique su estado actual, con las fichas de la inspección en campo, con el análisis de las posibles causales y consecuencias futuras de las lecciones encontradas.
- Levantamiento estructural.
- El análisis y diagnóstico de las estructuras según la inspección en campo, documentación y levantamiento estructurales obtenidos previamente. En el diagnóstico se debe especificar en los casos que aplique la necesidad de realizar un estudio adicional, como un estudio de patología, estudio de vulnerabilidad sísmica, realización de ensayos, estudio de capacidad de carga, diseños de reforzamiento estructurales o cualquier otro estudio necesario según cada estructura para establecerse la manera en que se intervendrán.
- Informe de selección de alternativas de las intervenciones que requirieron estudios adicionales.
- Descripción de las intervenciones de mantenimiento, repotenciación, rehabilitación, cambios, reforzamiento o construcción nueva que garanticen la correcta operación de las estructuras necesarias a intervenir.
- Los diseños completos de las alternativas solución de las intervenciones, con sus memorias y planos.
- Una vez seleccionadas las alternativas solución y las intervenciones a realizar se debe presentar en base de esto:

- Planos de intervención o de obra, se deben entregar en caso de que aplique, plantas para formaletas, plantas estructurales, cortes, aclaraciones de construcción y descripción de los procesos constructivos, despieces, detalles de los elementos estructurales y constructivos, cuadros de materiales, localización de intervenciones.
- Toda la información necesaria para la materialización de las intervenciones.
- Las especificaciones técnicas de todos los materiales a implementar con los requerimientos necesarios para la ejecución en la obra.
- Presupuesto, con memoria de cálculo, Análisis de Precio Unitarios APU, desglose de Administración, Imprevistos y Utilidades AIU, estudio de mercado.
- Matriz de Riesgo.
- Programación o Cronograma.
- Estudios y análisis de carga, memorias de cálculo, informe de patología, informe de vulnerabilidad, diseños de reforzamiento estructurales o cualquier otro estudio que haya tenido lugar. Deben contener las consideraciones detalladas para cada elemento estructural incluyendo descripción, resultados y conclusiones de los estudios previos, esquemas de las estructuras, evaluaciones de carga (muertas, vivas, sismos, impactos, retracción y cambios de temperatura, empujes de tierra y todas las necesarias dependiendo del tipo de estructura), consideraciones y justificaciones de diseño, datos de entrada y datos de salida de los modelos realizados, verificaciones exigidas por cada normatividad aplicable a cada estructura.
- Modelos matemáticos y de computador implementados son solo herramientas para alcanzar el objetivo planteado, los resultados obtenidos con software deberán ser validados por la interventoría. Por requerimiento de la interventoría, el Consultor deberá, suministrar los modelos estructurales utilizados.

- Informe final ejecutivo en el que se indique las estructuras y manera a intervenir con su costo asociado.

Para el análisis de las estructuras se deberá considerar las cargas actuantes durante la vida de servicio, las cargas eventuales como los movimientos sísmicos, posibles deslizamientos, inundaciones, avalanchas, empuje de tierras, socavación de apoyos de estructuras, erosión, entre otros.

Los programas empleados en los análisis deben ser solo herramienta de apoyo, el Consultor es responsable por los resultados generados. Todos los datos obtenidos mediante un software deberán ser verificados por la interventoría, confirmándose que los modelos matemáticos son apropiados y equivalentes a la estructura estudiada, si el interventor lo solicita el Consultor ha de presentar a la Interventoría el programa de cálculo.

Adicionalmente los planos y memorias deben ser coherentes y coincidir en la nomenclatura.

4.12. VOLUMEN XII. ESTUDIO DE REDES

VOLUMEN I. ESTUDIO REDES HIDROSANITARIAS

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES

En cuanto a los estudios a desarrollar, el objeto y alcance está dirigido al Consultor encargado, quien deberá realizar el diseño de redes de Acueducto y Alcantarillado requeridas para el proyecto vial a desarrollar, donde como primera parte deberá realizar la consecución, análisis de información secundaria y primaria de las redes de Acueducto y Alcantarillado, teniendo en cuenta los estudios y diseños previamente realizados dentro del área de influencia del proyecto, realizando consultas con las empresa de Acueducto y Alcantarillado local y la alcaldía correspondiente, de los diseños adelantados y récord de obra.

Adicionalmente se hará la determinación del requerimiento de reubicación, renovación o modificación de las redes de Acueducto y Alcantarillado por afectación debida al proyecto de mejoramiento vial, donde partirá de la investigación de las redes de acueducto y alcantarillado existentes, la cual deberá contener toda la información necesaria para caracterizar de la infraestructura de servicios de Acueducto y Alcantarillado del sector.

Igualmente se debe proyectar la reubicación, renovación o modificación de redes requeridas, realizar los diseños de redes de Acueducto y Alcantarillado requeridas para el proyecto, dando cumplimiento a la legislación y normatividad vigente tanto nacional como de las empresas de Acueducto y Alcantarillado Local, elaboración de planos, memorias de cálculo, especificaciones de construcción y cantidades de obra.

Finalmente se deberán presentar y aprobar los diseños ejecutados ante las empresas prestadoras del servicio de Acueducto y Alcantarillado y obtener la aprobación por parte de éstas.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

Como metodología básica para desarrollar el alcance de este estudio, se tienen las siguientes actividades mínimas a desarrollar:

- Mediante contacto con las empresas prestadoras o distribuidoras de los servicios de Acueducto y Alcantarillado, obtener información de los proyectos de modificación o ampliación de las redes de del sector donde se desarrollará, el proyecto, con el fin de conocer y acoger dentro del proyecto dichas obras proyectadas – obtención de información secundaria-.

- Obtención de la información del catastro de las redes existentes para las redes existentes de Acueducto y Alcantarillado.

- Análisis y revisión del levantamiento topográfico de redes de Acueducto y Alcantarillado.

- Elaboración de plano de redes existentes de Acueducto y Alcantarillado.

- Evaluación del estado de las redes existentes que se afectarán por el proyecto, validar el requerimiento de realización de apiques o estudios con cámara de televisión CCTV a las redes.

- Elaboración de la caracterización de redes, definiendo claramente el estado estructural y de funcionalidad.

- Definición de requerimiento de reubicación, renovación o modificación de redes a ejecutar dentro del proyecto vial.

- Elaboración de los diseños de redes de Acueducto y Alcantarillado de acuerdo con la normatividad vigente: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS, Resolución 0330 de 2017, normas de empresas prestadoras o distribuidoras de los servicios de Acueducto y Alcantarillado.

    - Elaboración de planos de acueducto en planta y detalles.

    - Elaboración memoria descriptiva y de cálculo de redes de acueducto.

    - Elaboración de planos de diseño redes de alcantarillado, plantas perfiles y detalles.

    - Elaboración de descriptiva y de cálculo de redes de acueducto.

    - Elaboración de especificaciones de construcción y cantidades de obra.

- Aprobación de los diseños elaborados ante las empresas prestadoras o distribuidoras de los servicios de Acueducto y Alcantarillado.

CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN Y/O TOMA DE INFORMACIÓN (SECUNDARIA)

El Consultor deberá realizar la búsqueda de información secundaria en las empresas de Acueducto y Alcantarillado donde el proyecto se desarrollará, consecución de planos de redes de Acueducto y Alcantarillado existentes, planos récord de obra ejecutada y planos de proyecto. También se debe consultar en la Secretaría de Planeación local los planes maestros de redes de Acueducto y Alcantarillado.

Esta información secundaria deberá ser la referencia inicial para validar las redes de Acueducto y Alcantarillado existentes y proyectadas en el área de intervención del proyecto la cual deberá ser confrontada con información primaria tomada de campo, para la elaboración de planos de redes existentes de Acueducto y Alcantarillado.

CAPÍTULO 4. ESTRUCTURACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS TÉCNICOS

4.1 INVESTIGACIÓN DE REDES Y DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

Dentro de las labores de campo se deberá realizar el levantamiento de redes de Acueducto y Alcantarillado, con el fin de realizar la caracterización de redes existentes, verificando en terreno con su georeferenciación correspondientes a todos y cada uno de los elementos de la infraestructura de Acueducto y Alcantarillado, generando su correspondiente ficha de inspección, la cual deberá ser anexada como soporte de esta actividad.

El Consultor deberá confrontar la información secundaria con la información primaria o levantamiento topográfico de redes, en caso de encontrar tapas de pozos ocultos o se requiera localizar puntualmente una tubería de acueducto, se deberán realizar apiques para su localización e investigación.

Se deberá identificar las redes que requieran de inspección con CCTV, definiendo los criterios técnicos que tuvo en cuenta, donde la realización de dichas inspecciones deberá ser revisada y avalada por la Interventoría.

El Consultor deberá realizar el procesamiento de la información, elaborando la incorporación de ésta en un plano en formato CAD, donde deberá incluir para las redes de alcantarillado diámetro, material, longitud, pendiente, cotas rasantes y cotas clave en cada uno de los tramos de las redes, identificando completamente el trazado en planta y sentido de flujo, para las redes de Acueducto, diámetro, longitud, material, localización de válvulas, hidrantes, ventosas y demás accesorios localizados topográficamente, adicionalmente los planos deberán presentar todas las notas aclaratorias para su correcta interpretación, elaborará el informe de investigación y diagnóstico de redes, indicando el estado de estas e identificando las interferencias respecto al proyecto, determinando aquellas redes que deben ser relocalizadas o protegidas. Para las redes que se tienen proyectadas en el sector del área de ejecución del proyecto, según lo consultado de proyectos futuros o planes maestros de redes, deberá revisar si se requiere que sean acogidas algunas de estas obras dentro del proyecto o las recomendaciones para su futura ejecución.

4.2 RENOVACIÓN O MODIFICACIÓN DE REDES.

Partiendo de la identificación de la caracterización de las redes existentes, el consultor deberá definir las redes que renovará o modificará debido al proyecto de mejoramiento vial. También, deberá realizar la evaluación de funcionales y estado estructural de las redes de Acueducto y Alcantarillado, adicionalmente consultar los proyectos de redes como planes maestros o planes parciales, con el fin de identificar posibles obras a acoger dentro del proyecto de mejoramiento vial.

4.3 DISEÑO DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

4.3.1 DISEÑO DE REDES DE ACUEDUCTO

Definido el requerimiento de intervención de redes se procederá con el diseño, de acuerdo con las condiciones geométricas del proyecto. En el trazado de las redes de acueducto proyectadas se deberá coordinar muy bien con otras disciplinas analizando y dando solución a posibles interferencias. No deberán ser proyectadas redes bajo mobiliario urbano, cimentaciones de puentes peatonales o apoyos de puentes y en caso de tener redes cerca a estos elementos se deberá realizar la respectiva evaluación geotécnica, validando que las cargas no tengan afectación sobre las redes.

El Consultor deberá entregar a la Interventoría para su revisión y aprobación los planos, memorias de cálculo, cantidades de obra y especificaciones de construcción, en caso de existir observaciones estas deberán ser atendidas hasta la obtención de la aprobación.

Se deberá gestionar y obtener la aprobación de los diseños de acueducto ante la empresa de servicios públicos local.

4.3.2 DISEÑO DE REDES DE ALCANTARILLADO.

Definido el requerimiento de intervención para las redes de alcantarillado se procederá con el diseño, de acuerdo con las condiciones geométricas del proyecto. En el trazado de las redes de acueducto proyectadas se deberá coordinar muy bien con otras disciplinas analizando y dando solución a posibles interferencias. No deberán ser proyectadas redes bajo mobiliario urbano, cimentaciones de puentes peatonales o apoyos de puentes y en caso de tener redes cerca a estos elementos se deberá realizar la respectiva evaluación geotécnica, validando que las cargas no tengan afectación sobre las redes.

El diseño deberá definir las áreas aferentes, trazado de las redes de alcantarillado, planos con cotas, diámetro, pendiente, longitud, perfiles, detalles constructivos, memorias de cálculo, memoria descriptiva y especificaciones de construcción. Adicionalmente deberá ser complementados por la geotecnia de redes con la definición de la cimentación y entibados para estas.

El Consultor deberá entregar a la Interventoría para su revisión y aprobación los planos, memorias de cálculo, cantidades de obra y especificaciones de construcción, en caso de existir observaciones estas deberán ser atendidas hasta la obtención de la aprobación.

Se deberá gestionar y obtener la aprobación de los diseños de acueducto ante la empresa de servicios públicos local.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El componente de redes Hidrosanitarias (Acueducto y Alcantarillado) para el desarrollo de estudios y diseños viales de puntos críticos a cargo del INVÍAS, deberá presentar conclusiones y recomendaciones que permitan:

- Identificar las redes existentes y proyectadas en el sector donde desarrollará el proyecto.

- Realizar una evaluación del estado de las redes de acueducto y alcantarillado.

- Definir las redes de Acueducto y Alcantarillado que requieren ser reubicadas, renovadas o modificadas, dentro de la ejecución del proyecto de mejoramiento de vías existentes.

- Presentar los diseños de redes de Acueducto y Alcantarillado, con las correspondientes aprobaciones.

- Generar los documentos de los diseños de Acueducto y Alcantarillado necesarios para la ejecución de obra: planos, memorias, especificaciones y cantidades de obra.

ANEXOS

El capítulo de redes hidrosanitarias deberá presentar los anexos de información secundaria, topográfica, geotécnica de redes, CCTV y demás información que sean base o complementen los diseños presentados.

VOLUMEN II. ESTUDIO REDES SECAS

CAPÍTULO 6. OBJETIVOS Y ALCANCES

En cuanto a los estudios a desarrollar, el objeto y alcance está dirigido al Consultor encargado, quien deberá realizar el diseño de redes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural requeridas para el proyecto vial a desarrollar, donde como primera parte deberá realizar la consecución, análisis de información secundaria y primaria de las redes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural, teniendo en cuenta los estudios y diseños previamente realizados dentro del área de influencia del proyecto, realizando consultas con las empresas de Servicios Públicos local y la alcaldía correspondiente, de los diseños adelantados y récord de obra.

Se deberá determinar la reubicación, renovación o modificación de las redes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural por afectación debida al proyecto de mejoramiento vial, donde partirá de la investigación de las redes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural existentes, la cual deberá contener toda la información necesaria para caracterizar de la infraestructura de servicios de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural del sector.

Igualmente, el Consultor deberá proyectar la reubicación, renovación o modificación de redes requeridas, realizar los diseños de redes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural requeridas para el proyecto, dando cumplimiento a la legislación y normatividad vigente tanto nacional como de las empresas de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural Local, elaboración de planos, memorias de cálculo, especificaciones de construcción y cantidades de obra.

Finalmente se deberán presentar y aprobar los diseños ejecutados ante las empresas prestadoras del servicio de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural y obtener la aprobación por parte de éstas.

CAPÍTULO 7. METODOLOGÍA

Como metodología básica para desarrollar el alcance de este estudio se tienen las siguientes actividades mínimas a desarrollar:

- Mediante contacto con las empresas prestadoras o distribuidoras de los servicios de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural, obtener información de los proyectos de modificación o ampliación de las redes de del sector donde se desarrollará el proyecto, con el fin de conocer y acoger dentro del proyecto dichas obras proyectadas – obtención de información secundaria-.

- Obtención de la información del catastro de las redes existentes para las redes existentes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural.

- Análisis y revisión del levantamiento topográfico de redes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural.

- Elaboración de plano de redes existentes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural.

- Evaluación del estado de las redes existentes que se afectarán por el proyecto, validar el requerimiento de realización de apiques o estudios con cámara de televisión CCTV a las redes.

- Elaboración de la caracterización de redes, definiendo claramente el estado estructural y de funcionalidad.

- Definición de requerimiento de reubicación, renovación o modificación de redes a ejecutar dentro del proyecto vial.

- Elaboración de los diseños de redes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural de acuerdo con la normatividad vigente:

    - Elaboración de planos de acueducto en planta y detalles.

    - Elaboración de memoria descriptiva y de cálculo de redes de acueducto.

    - Elaboración de planos de diseño redes de alcantarillado, plantas perfiles y detalles.

- Elaboración de descriptiva y de cálculo de redes de acueducto.
- Elaboración de especificaciones de construcción y cantidades de obra.

- Aprobación de los diseños elaborados ante las empresas prestadoras o distribuidoras de los servicios de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural.

CAPÍTULO 8. RECOPILACIÓN Y/O TOMA DE INFORMACIÓN (SECUNDARIA)

El Consultor deberá realizar la búsqueda de información secundaria en las empresas de Acueducto y Alcantarillado donde el proyecto se desarrollará, consecución de planos de redes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural existentes, planos récord de obra ejecutada y planos de proyecto. También se debe consultar en la Secretaría de Planeación local los planes maestros de redes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural.

Esta información secundaria deberá ser la referencia inicial para validar las redes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural existentes y proyectadas en el área de intervención del proyecto la cual deberá ser confrontada con información primaria tomada de campo, para la elaboración de planos de redes existentes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural.

CAPÍTULO 9. ESTRUCTURACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS TÉCNICOS

9.1 INVESTIGACIÓN DE REDES Y DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

Dentro de las labores de campo se deberá realizar el levantamiento de redes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural, con el fin de realizar la caracterización de redes existentes, verificando en terreno con su georreferenciación correspondientes todos y cada uno de los elementos de la infraestructura de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural, generando su correspondiente ficha de inspección, la cual deberá ser anexada como soporte de esta actividad.

El Consultor deberá confrontar la información secundaria con la información primaria o levantamiento topográfico de redes, en caso de encontrar tapas de pozos ocultos o se requiera localizar puntualmente una tubería de acueducto, se deberán realizar apiques para su localización e investigación.

Se deberá identificar las redes que requieran de inspección con CCTV, definiendo los criterios técnicos que tuvo en cuenta, donde la realización de dichas inspecciones deberá ser revisada y avalada por la Interventoría.

El Consultor deberá realizar el procesamiento de la información, elaborando la incorporación de ésta en un plano en formato CAD, donde deberá incluir para las redes de alcantarillado diámetro, material, longitud, pendiente, cotas rasantes y cotas clave en cada uno de los tramos de las redes, identificando completamente el trazado en planta y sentido de flujo, para las redes de Energía, diámetro, longitud, material, localización de válvulas, hidrantes, ventosas y demás

accesorios localizados topográficamente, adicionalmente los planos deberán presentar todas las notas aclaratorias para su correcta interpretación, elaborará el informe de investigación y diagnóstico de redes, indicando el estado de estas e identificando las interferencias respecto al proyecto, determinando aquellas redes que deben ser relocalizadas o protegidas. Para las redes de que se tienen proyectadas en el sector del área ejecución del proyecto, según lo consultado de proyectos futuros o planes maestros de redes, deberá revisar si se requieren sean acogidas algunas de estas obras dentro del proyecto o las recomendaciones para su futura ejecución.

9.2 RENOVACIÓN O MODIFICACIÓN DE REDES

Partiendo de la identificación de la caracterización de las redes existentes, el consultar deberá definir las redes que deberán ser renovadas o modificadas debido al proyecto de mejoramiento vial. Deberá realizar la evaluación de funcionales y estado estructural de las redes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural, adicionalmente consultar los proyectos de redes como planes maestros o planes parciales, con el fin de identificar posibles obras a acoger dentro del proyecto de mejoramiento vial.

9.3 DISEÑO DE REDES DE ENERGÍA, TELECOMUNICACIONES Y GAS NATURAL

9.3.1 DISEÑO DE REDES DE ENERGÍA

Definido el requerimiento de intervención de redes de energía se procederá con el diseño, de acuerdo con las condiciones geométricas del proyecto. En el trazado de las redes de energía proyectadas se deberá coordinar muy bien con otras disciplinas analizando y dando solución a posibles interferencias. No deberán ser proyectadas redes bajo mobiliario urbano, cimentaciones de puentes peatonales o apoyos de puentes y en caso de tener redes cerca a estos elementos se deberá realizar la respectiva evaluación geotécnica, validando que las cargas no tengan afectación sobre las redes.

El Consultor deberá entregar a la Interventoría para su revisión y aprobación los planos, memorias de cálculo, cantidades de obra y especificaciones de construcción, en caso de existir observaciones estas deberán ser atendidas hasta la obtención de la aprobación.

Se deberá gestionar y obtener la aprobación de los diseños de energía ante la empresa de servicios públicos local.

9.3.2 DISEÑO DE REDES DE TELECOMUNICACIONES

Definido el requerimiento de intervención para las redes de telecomunicaciones se procederá con el diseño, de acuerdo con las condiciones geométricas del proyecto. En el trazado de las redes de telecomunicaciones proyectadas se deberá coordinar muy bien con otras disciplinas analizando y dando solución a posibles interferencias. No deberán ser proyectadas redes bajo mobiliario urbano, cimentaciones de puentes peatonales o apoyos de puentes y en caso de tener redes cerca a estos elementos se deberá realizar la respectiva evaluación geotécnica, validando que las cargas no tengan afectación sobre las redes.

El diseño deberá definir las áreas aferentes, trazado de las redes de telecomunicaciones, planos con cotas, diámetro, pendiente, longitud, perfiles, detalles constructivos, memorias de cálculo, memoria descriptiva y especificaciones de construcción. Adicionalmente deberá ser complementados por la geotecnia de redes con la definición de la cimentación y entibados para estas.

El Consultor deberá entregar a la Interventoría para su revisión y aprobación los planos, memorias de cálculo, cantidades de obra y especificaciones de construcción, en caso de existir observaciones estas deberán ser atendidas hasta la obtención de la aprobación.

Se deberá gestionar y obtener la aprobación de los diseños de telecomunicaciones ante la empresa de servicios públicos local.

9.3.3 DISEÑO DE REDES DE GAS NATURAL.

Definido el requerimiento de intervención de redes de Gas Natural se procederá con el diseño, de acuerdo con las condiciones geométricas del proyecto. En el trazado de las redes de energía proyectadas se deberá coordinar muy bien con otras disciplinas analizando y dando solución a posibles interferencias. No deberán ser proyectadas redes bajo mobiliario urbano, cimentaciones de puentes peatonales o apoyos de puentes y en caso de tener redes cerca a estos elementos se deberá realizar la respectiva evaluación geotécnica, validando que las cargas no tengan afectación sobre las redes.

El Consultor deberá entregar a la Interventoría para su revisión y aprobación los planos, memorias de cálculo, cantidades de obra y especificaciones de construcción, en caso de existir observaciones estas deberán ser atendidas hasta la obtención de la aprobación.

Se deberá gestionar y obtener la aprobación de los diseños de energía ante la empresa de servicios públicos local.

CAPÍTULO 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El componente de Redes Secas (Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural) para el desarrollo de estudios y diseños viales de puntos críticos a cargo del INVÍAS, deberá presentar conclusiones y recomendaciones que permitan:

- Identificar las redes existentes y proyectadas en el sector donde desarrollará el proyecto.

- Realizar una evaluación del estado de las redes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural.

- Definir las redes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural que requieren ser reubicadas, renovadas o modificadas, dentro de la ejecución del proyecto de mejoramiento de vías existentes.

- Presentar los diseños de redes de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural, con las correspondientes aprobaciones.

- Generar los documentos de los diseños de Energía, Telecomunicaciones y Gas Natural necesarios para la ejecución de obra: planos, memorias, especificaciones y cantidades de obra.

ANEXOS

El capítulo de redes secas deberá presentar los anexos de información secundaria, topográfica, geotécnica de redes, y demás información que sean base o complementen los diseños presentados.

4.13. VOLUMEN XIII. ESTUDIO DE RIESGOS

Para el desarrollo del Informe de ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PUNTOS CRÍTICOS del presente volumen de manera general debe considerar como mínimo los siguientes capítulos:

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES
CAPITULO 2. METODOLOGÍA
CAPITULO 3. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN (PRIMARIA Y SECUNDARIA)
CAPITULO 4. ESTUDIO DE RIESGOS
CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
ANEXOS

CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES

1.1 OBJETIVO

El objetivo de los estudios y análisis de riesgo es el de anticipar potenciales afectaciones, de tal forma que se incluya en los diseños, las medidas de mitigación, medidas no estructurales y estructurales, prospectivas y correctivas del sitio crítico, todas acordes con los resultados y conclusiones de los análisis realizados por las demás especialidades que conforman el proyecto y con las cuales se debe articular y retroalimentar el estudio de riesgos.

1.2 ALCANCES

Estos requerimientos técnicos constituyen una guía de referencia para la realización de los estudios de riesgo, por lo tanto deben ser adaptados de acuerdo con la complejidad y características del sitio crítico a intervenir; dada la posibilidad que el proyecto vial cuente con estudios de riesgo previos, acogidos en sus fases de desarrollo o maduración, el Consultor deberá realizar su diagnóstico y considerar su actualización o definitivamente la realización de un estudio que acoja en cualquier caso los presentes requerimientos, definición que deberá ser revisada y aprobada por la interventoría. El alcance general debe incluir un análisis de Amenaza, un análisis de Vulnerabilidad y un análisis de Evaluación de Riesgos, 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.

El Consultor debe identificar y clasificar los riesgos presentes y los que impactaran la intervención del sitio crítico , 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.

La matriz de riesgos se construirá con el nivel de precisión que lo permita los demás estudios y análisis realizados por las demás especialidades que conforman el proyecto, disciplinas con las cuales se debe articular el estudio de riesgos y realizar la retroalimentación correspondiente.

Los alcances contemplados deben acoger las siguientes actividades, las cuales serán la base de los productos que el Consultor elaborará en el volumen de Riesgo.

- Identificar los riesgos y amenazas que actúan o que pueden desencadenar eventos que afecten el sitio crítico, y documentar sus características más representativas. El análisis y evaluación requeridos corresponde a estudios de detalle a escala 1: 2.000 o 1: 1.000 mediante los que se deben establecer los aspectos de estabilidad y seguridad de las áreas donde se localiza el sitio crítico, sin embargo, la escala del estudio debe tener en cuenta el contexto regional a escala 1:10.000 o de mayor detalle, lo cual dependerá de las características y complejidades que presente la zona.

A nivel técnico debe dar los lineamientos para estructurar el Plan de Gestión del Riesgo, desarrollando los procesos de la gestión del riesgo establecidos por la Ley 1523 de 2012 bajo los siguientes lineamientos, en articulación con lo pertinente a lo referido en los sistemas de gestión que maneja el INVÍAS: Conocimiento del Riesgo, Reducción del Riesgo y Manejo del Riesgo.

El Plan de Gestión del Riesgo, la matriz de Riesgo, junto con los lineamientos de las medidas de reducción del riesgo y plan de respuesta de emergencias, son los productos o entregables de este componente para sitios crítico s, se adelantarán coordinando con la totalidad de las áreas temáticas del proyecto y en especial, geología, hidrogeología, hidrología, hidráulica, estructuras, urbanismo y paisajismo, ambiental y social, sostenibilidad y de la evaluación económica del proyecto junto con su presupuesto.

- Realizar un análisis para estimar la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo, identificando el impacto que tendría sobre el sitio crítico.

El Consultor basándose en los estudios técnicos, diagnóstico del estado del tramo a intervenir, el análisis de necesidades, información secundaria y de ser necesario fuentes primarias deberá validar los efectos de los riesgos identificados y categorizados que permitan proponer el Plan

de Respuesta, en el cual se establezcan alternativas y acciones puntuales para potencializar las oportunidades identificadas y proponer su tratamiento para reducir las amenazas que afecten los objetivos del proyecto.

- Elaborar y cuantificar una estrategia preliminar de administración del riesgo previsible, incluyendo criterios y medidas de mitigación, usando como referencia estudios de riesgos de proyectos similares o del área en la cual se localiza el proyecto.

El Consultor deberá elaborar y cuantificar estrategias de gestión de riesgos, recurriendo a fuentes secundarias o primarias dependiendo del grado de información recolectado por las demás especialidades, así mismo, deberá definir claramente para cada uno de los riesgos identificados, su tipificación, la temporalidad y frecuencia de ocurrencia de estos.

El Consultor debe proponer un sistema de control y monitoreo que permita realizar una supervisión constante a los riesgos, identificar nuevos riesgos e incluirlos en la matriz de probabilidades e impacto para posteriormente realizar el análisis cualitativo y cuantitativo, el análisis de temporalidad, ejecutar planes de respuesta a los riesgos y evaluar su efectividad sobre el sitio crítico.

Es importante señalar que los planes de respuesta a los riesgos deben identificar responsabilidades específicas que deben ser asumidas o gestionadas tanto por la Entidad, como por el contratista.

- Elaborar la matriz de riesgos previsibles del proyecto, con su respectivo análisis y administración de riesgos, teniendo en cuenta que los riesgos previsibles identificados sean diferentes a los cubiertos por las garantías obligatorias.

De igual forma el Consultor debe cuantificar las probabilidades e impacto propuestas en el análisis preliminar consignado en la matriz de riesgos, priorizando los diferentes eventos o condiciones de riesgo según la importancia de atención, clasificándolos en riesgos operacionales, tecnológicos, regulatorios, sociales o políticos, financieros y económicos, y de la naturaleza, siguiendo la clasificación establecida por el CONPES 3714 o el que lo sustituya, e identificando responsables y acciones de mitigación.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

El Consultor debe definir la Metodología para el desarrollo del Estudio, documento que se deberá entregar a la Interventoría para su aprobación; y en el cual, se detallará la información secundaria y primaria con que se realizará el estudio, y los trabajos de campo.

Su estructuración a nivel técnico debe realizarse a partir del planteamiento del problema, necesidad o justificación de intervención del sitio crítico , considerando su localización y la importancia para el transporte de personas, mercancía, turismo y el aporte al desarrollo de la región, sumado a la obligación del INVÍAS de brindar infraestructura que satisfaga la

normatividad vigente, para lo cual, debe contemplar el uso de herramientas como modelación de escenarios o planeación por escenarios.

El Consultor debe contemplar la aplicación de metodologías basadas en el ciclo PHVA y las desarrolladas por las entidades especializadas y entes gubernamentales, para lo cual debe consultar las referencias disponibles con que cuentan dichas instituciones. Como herramienta metodológica para desarrollar los análisis requeridos se propone acoger el concepto de Corredor Geotécnico descrito en los lineamientos generales de la Gestión del Riesgo adelantados por la entidad[3], (Anexo 1).

CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN (PRIMARIA Y SECUNDARIA)

Para el estudio de riesgos, el Consultor se apoyará y acogerá la información primaria que aplique, de las demás especialidades y la resultante del trabajo de campo realizado por el especialista o el equipo encargado de su elaboración.

Como parte del proceso de recopilación y toma de información secundaría el Consultor debe contemplar la revisión de los documentos técnicos que le permitan identificar y prever riesgos operativos o de otro tipo, en tal sentido, debe revisar la información existente sobre las características y complejidades de los procesos constructivos o construcción de infraestructura especialmente compleja, requerida para el manejo del sitio crítico.

Para este estudio, el Consultor podrá utilizar las siguientes referencias bibliográficas en materia de riesgos ampliamente utilizadas en el medio como son:

- 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.
- La 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.
- IDEAM, GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE INUNDACIÓN. Bogotá, D.C., 2017.
- Instituto Nacional de Vías. (2018). Plan de Gestión del Riesgo de Desastres Decreto 2157 de 2017. Bogotá, Colombia.
- Política de Administración del Riesgo, Instituto Nacional de Vías, Revisión y Propuesta de actualización marzo 2018.

[3] Servicio Geológico colombiano – Instituto Nacional de Vías (2018). Guía metodológica para la evaluación del riesgo físico por movimientos en masa en la infraestructura vial - Convenio Interadministrativo 003/2018. Bogotá: Servicio Geológico colombiano.

- Servicio Geológico colombiano – Instituto Nacional de Vías (2018). Guía metodológica para la evaluación del riesgo físico por movimientos en masa en la infraestructura vial - Convenio Interadministrativo 003/2018. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.
- Instituto de Hidrología, Meteorología Estudios Ambientales - IDEAM, Guía metodológica para la gestión del riesgo. Bogotá, 2019.
- Plan Nacional de Seguridad Vial Colombia 2011 – 2021.
- 2. Metodología para evaluar los Riesgos. Incorporando la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático en proyectos de inversión pública. Caja de herramientas. Departamento Nacional de Planeación, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.
- Plan Indicativo para el Fortalecimiento Institucional de la Gestión de Riesgos de Desastres en el Sector Infraestructura Vial, Hoja de Ruta, Fortalecimiento Institucional. CAF Banco de Desarrollo de América Latina, Mintransporte. 2013.
- Las demás que el Consultor justifique y considere apropiadas, previa aprobación de la interventoría.

CAPÍTULO 4. ESTUDIO DE RIESGOS

4.1 ESTABLECER EL CONTEXTO

El Consultor deberá identificar el contexto bajo el cual interactúa la solución propuesta para el manejo de sitio crítico, que incluya entre otros, los aspectos que se mencionan a continuación, y los posibles riesgos y efectos adversos que estos pueden generar:

- El objeto y alcance del proyecto.
- Disponibilidad de recursos.
- Tipo de Contratación.
- Las condiciones geográficas y de acceso al lugar donde se ubica el sitio crítico.
- El entorno socio ambiental.
- Condiciones geológicas, geotécnicas, hidrogeológicas, hidrológicas, hidráulicas y de socavación, del sector o tramo vial a intervenir.
- Las condiciones sociopolíticas y ambientales.
- 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.
- Incorporación de nuevas tecnologías (Referencia Plan De Desarrollo Art. 173 Innovación E Implementación De Nuevas Tecnologías En Proyectos De Infraestructura Del Transporte).

4.2 IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

Una vez establecido el contexto, el Consultor debe identificar e incluir en la matriz de riesgos, los riesgos contractuales, socionaturales, operacionales, como los asociados al cambio climático y su incidencia sobre el área de influencia del sitio crítico. Para lo anterior, el Consultor deberá contar con el equipo idóneo o profesional especializado en riesgos, con el conocimiento adecuado sobre gestión y administración del riesgo.

Una vez identificados los riesgos, el Consultor debe clasificarlos según: clase, fuente, y tipo de riesgo, para posteriormente y de acuerdo con el criterio de experto o del equipo especializado en riesgos, priorizar y definir los que requieren realmente ser considerados dentro del estudio, para un mayor análisis y evaluación.

El tramo vial donde se ubica el sitio crítico constituye la unidad de análisis. Ello quiere decir que se analizará a nivel del tramo vial (puntual) el efecto que las posibles amenazas tengan sobre él y sus servicios, para lo cual se tendrá en cuenta el nivel de vulnerabilidad y resiliencia que presente. En todos los casos, las estrategias que se formulen, así como los lineamientos técnicos para la gestión del riesgo deben gestionar adecuadamente la resiliencia.

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

4.3 EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

El Consultor debe evaluar cada uno de los riesgos identificados y priorizados, estableciendo el impacto de los mismos frente al logro de los objetivos propuestos para el manejo del sitio crítico, 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 para mitigar el impacto.

Para estimar el impacto y la probabilidad de ocurrencia de un evento que afecte de manera negativa el sitio crítico y la propuesta de solución, 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:

1. 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.

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

La construcción de un escenario de riesgo resulta ser indispensable, en la medida que este, puede llegar a argumentar o explicar los alcances de un fenómeno amenazante y las consecuencias. Una vez establecido un escenario puede ser usado de manera objetiva en la gestión de riesgos o en el manejo de este.

Una vez estructurado el escenario, este puede ser actualizado cada vez que se registren nuevos datos o se mejore la hipótesis inicialmente planteada al inicio del desarrollo de este numeral en función de la problemática o necesidad. Lo anterior se constituye en una ventaja o valor agregado para las investigaciones siguientes y las actividades de prevención y atención de emergencias que se adelanten, debido al ahorro en tiempo y dinero que representa la adquisición sistemática del conocimiento específico.

4.4 CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ DE RIESGOS

El producto de este análisis será la construcción y presentación de la matriz de riesgos del proyecto a nivel de esta fase de estudio. La cual, tendrá como mínimo los componentes descritos en la Tabla No. 1.

Es importante aclarar que en todo proyecto de ingeniería de consulta existen riesgos que se deben prever o anticipar por las entidades públicas como parte de los aspectos a considerar en el proceso de contratación. En tal sentido, el artículo 4 de la Ley 1150 de 2007 establece que la Entidad Estatal debe "*incluir la estimación, tipificación y asignación de los riesgos previsibles involucrados en la contratación*" en los pliegos de condiciones o su equivalente.

Colombia Compra Eficiente desarrolló y puso a disposición de los Consultores el Manual para la identificación y cobertura del riesgo en los Procesos de Contratación. (Ver Anexo 2). Hace parte de este Manual la "*Matriz para la Identificación de Riesgos en Contratos de Consultoría*", en donde deben ser identificados, clasificándolos en riesgos operacionales, tecnológicos, regulatorios, sociales o políticos, financieros y económicos, y de la naturaleza, siguiendo la clasificación establecida por el CONPES 3714, e identificando responsables y acciones de mitigación. Esta matriz permite, tanto al INVÍAS como al Consultor, valorar y prever situaciones de riesgo, y minimizar sus efectos sobre el desarrollo del proyecto de Consultoría.

El Consultor debe acoger la recomendación de Colombia Compra Eficiente a las Entidades Estatales de elaborar la matriz indicada en la Tabla 1, que incluya todos los Riesgos identificados del Proceso de Contratación, estableciendo su clasificación, la probabilidad de ocurrencia estimada, su impacto, la parte que debe asumir el Riesgo, los tratamientos que se puedan realizar y las características del monitoreo más adecuado para administrarlo, como se muestra a continuación:

***Tabla 25**. Matriz de Riesgos de CCE*

Nº	Clase	Fuente	Etapa	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	
													Probabilidad	Impacto	Valoración del riesgo	Categoría					¿Cómo se realiza el monitoreo?	Periodicidad ¿Cuándo?
1																						
2																						
3																						

Fuente: Colombia Compra Eficiente

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio deberá suministrar resultados y recomendaciones que permitan:

- Realizar un análisis preliminar de administración del riesgo previsible, incluyendo criterios y medidas de mitigación; identificando el impacto que tendría en la infraestructura del proyecto.
- Ser un insumo fundamental para la construcción de la matriz de riesgos definitiva que acompañará el proceso de contratación y será una valiosa herramienta para dirimir futuras diferencias entre la entidad y los contratistas en caso de manifestación de riesgos en la etapa de ejecución del proyecto.
- Se deben dejar explícitamente las recomendaciones a tener en consideración durante la intervención del sitio crítico.
- Acoger la legislación vigente, junto con los avances metodológicos desarrollados por las entidades especializadas, para que sean identificados, analizados y gestionados los riesgos a nivel de las fases posteriores.

ANEXOS

Se deberá organizar en medio digital toda la información secundaria y primaria que haya sido utilizada para el desarrollo del Estudio de Riesgos. Así mismo, se deberá clasificar para fácil consulta, tanto por parte del Interventor y/o del INVÍAS, como por cualquier otra persona que se encuentre interesada en acceder a dicha información.

4.14. VOLUMEN XIV. ESTUDIO DE CANTIDADES DE OBRA, ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS Y PRESUPUESTO PARA LA ESTRUCTURACIÓN DEL PLIEGO DE CONDICIONES

Para el desarrollo del Informe de ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PUNTOS CRÍTICOS del presente volumen de manera general debe considerar como mínimo los siguientes capítulos:

CAPITULO 1. OBJETIVO Y ALCANCES
CAPITULO 2. METODOLOGÍA
CAPITULO 3. CANTIDADES DE OBRA
CAPITULO 4. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN
CAPITULO 5. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS
CAPITULO 6. PRESUPUESTO
CAPITULO 7. PROGRAMA GENERAL DE CONSTRUCCIÓN, CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA, PROGRAMA DE UTILIZACIÓN DE EQUIPOS, DE MATERIALES Y DE INVERSIÓN.
CAPITULO 8. PRODUCTOS ENTREGABLES
CAPITULO 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES

1.1. OBJETIVO

Proporcionar la información de ingeniería necesaria para configurar los Pliegos de Condiciones de la Licitación de Construcción, estableciendo las Condiciones Técnicas para el desarrollo de los trabajos, así como el programa de construcción, cronograma de trabajo, cronograma de inversión y el presupuesto estimado para la ejecución de las obras.

1.2 ALCANCES

Para lograr el objetivo propuesto, el Consultor dentro de este estudio específico debe desarrollar los siguientes temas basado en los estudios, planos y diseños adelantados por las diferentes áreas técnicas del proyecto.

- Identificar las características técnicas del proyecto a partir de las diferentes áreas técnicas: volúmenes de obra, materiales a emplear, longitudes de transporte de materiales de construcción y de materiales sobrantes, etc.
- Calcular las cantidades de obra.
- Establecer las Especificaciones de Construcción generales y particulares aplicables a la obra.
- Desarrollar el Análisis de Precios Unitarios.
- Calcular el A.I.U.
- Desarrollar el Presupuesto oficial para la obra.
- Elaborar el Programa de Construcción.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

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.

CAPÍTULO 3. CANTIDADES DE OBRA

Las cantidades de obra para cada ítem se calcularán con base en los planos y según la sectorización de la vía, presentando una matriz con las cantidades de obra por km, separando cada obra de drenaje u obra especial si los hay. Esta valoración debe hacerse teniendo en cuenta las Especificaciones Generales de Construcción vigentes del INVÍAS, las Particulares definidas por el estudio y las normas de tipicidad de obras especiales contenidas en manuales de dimensionamiento vigentes.

Estos valores se presentarán mediante la elaboración de un formato que contemple como mínimo lista de cantidades de obra, precios unitarios, valor total del presupuesto y el número y la descripción del ítem de pago. Por otra parte, el número de la especificación que corresponda y sea coincidente con el que figura en las Especificaciones Generales de Construcción del INVÍAS o las Particulares definidas por el estudio, las cuales serán agrupadas por capítulos y ordenadas por ítems.

Finalmente, el Consultor presentará una memoria de cálculo con detalle del sistema y procesos aplicados para la medición de las cantidades usadas en el presupuesto.

CAPÍTULO 4. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN

4.1 ESPECIFICACIONES GENERALES

Se tendrá en cuenta todo lo estipulado en las “Especificaciones Generales de Construcción”, vigentes del INVÍAS, siguiendo su estructura de capítulos y subcapítulos.

4.2 ESPECIFICACIONES PARTICULARES

4.2.1 GENERALIDADES

Cuando las características del proyecto lo requieran podrán existir Especificaciones Particulares de Construcción, correspondientes a trabajos no cubiertos por las Especificaciones Generales, las cuales complementan, sustituyen o modifican las Especificaciones Generales.

El Consultor elaborará dichas Especificaciones Particulares, teniendo en cuenta las condiciones propias del proyecto y de la zona donde se van a ejecutar los trabajos y cuando estos no tienen

en su desarrollo total cubrimiento por las especificaciones y normas Generales y/o cuando las características especiales de construcción requieran su modificación. Estas deben estar documentadas y con la especificación y análisis detallado justificando la modificación.

Estas Especificaciones Particulares prevalecen sobre las Generales. En la columna correspondiente debe figurar el número de la especialización precedida de una P que modifica parcial o totalmente la Especificación General.

4.2.2 ESTRUCTURA

La estructuración de las Especificaciones Particulares debe contener:

- Descripción: relacionando el conjunto de operaciones por realizar y sus límites.
- Clasificación: algunos trabajos pueden ser clasificados, ya sea por sectores, por características del trabajo o por características de los materiales, o condiciones especiales de la zona donde se desarrollan.
- Materiales: se indicarán los diferentes materiales y las características, calidades y ensayos que deben cumplir.
- Equipo: relación del equipo mínimo y adecuado para ejecutar la actividad especial o particular.
- Procedimiento de construcción: descripción de un procedimiento apropiado en concordancia con una secuencia. Algunas veces no se incorpora esta información por considerar que el constructor conoce las prácticas correspondientes de construcción.
- Control y tolerancia: valores admisibles para aceptación de una labor en cuanto a espesores, cotas, pendientes, etc.
- Medida: determinación de la unidad de medida y la forma de su cuantificación y aproximación
- Pago: diferentes aspectos cuyo costo se debe tener en cuenta en la elaboración del precio unitario de acuerdo con la labor realizada.
- Ítem de pago: descripción del tipo de obra a ejecutar según la unidad de medida especificada.

Cuando la Especificación Particular modifique la Especificación General, el texto de la especificación particular debe corresponder al numeral complementado o modificado.

4.5 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Para elaborar los Análisis de Precios Unitarios el Consultor debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Las condiciones de ejecución de acuerdo con los ítems de pago de las Especificaciones Generales y Particulares de Construcción del INVÍAS vigentes.
- Las condiciones de la región en cuanto al acceso, recursos, insumos, combustibles, disponibilidad de mano de obra, materiales de construcción, equipos y demás aspectos que puedan influir en el costo final de los precios unitarios y que afectan los rendimientos como los factores de humedad, altura sobre el nivel del mar, etc.

- La unidad de medida para pago deberá estar de acuerdo con la especificación.
- Correspondiente y en cada análisis se debe incluir una nota que diga según apartado "medida de pago" de cada especificación.
- Las tarifas horarias de los equipos deberán ser analizadas teniendo en cuenta los costos de propiedad y de operación, incluyendo los costos por manejo (operador y ayudante).
- Los precios de los materiales deben corresponder a valores actualizados. Es necesario relacionar las cantidades requeridas para ejecutar cada ítem, según su unidad de medida incluyendo desperdicios y los materiales o elementos auxiliares y/o adicionales transitorios (formaletas, cimbras, vigas de lanzamiento, etc.).
- Los precios de los materiales para concretos (cemento, hierro, agregados, etc.), deben corresponder a valores en el sitio de colocación incluyendo los costos de transporte.
- Solamente habrá pago por separado para transporte de materiales provenientes de excavación de cortes, préstamos y remoción de derrumbes. Para la determinación de los Precios Unitarios de m3 de los materiales para la estructura de pavimento como sub-base, base y mezcla asfáltica, se considerarán cuantificándolos en su posición definitiva y se reconocerá el transporte desde la Fuente de Material o Planta de Producción hasta el sitio de la colocación por m3-Km., siendo este m3 compacto.
- En la mano de obra se deben considerar los jornales de las cuadrillas de obreros y de personal especializado teniendo en cuenta el jornal básico o el vigente en la región, afectado del porcentaje de prestaciones sociales de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.
- Los rendimientos establecidos para equipos y personal deberán ser el resultado de un estudio cuidadoso de las condiciones del proyecto.
- Tanto la calidad, como la dosificación de los materiales deberán corresponder a las exigencias de las especificaciones establecidas (Generales y Particulares) vigentes. Se debe incluir un anexo que contenga: relación de materiales por emplear en el proyecto con el cálculo de los consumos. Se debe incluir las cotizaciones que se emplearon en la elaboración de los análisis.
- Análisis de las tarifas horarias y estudio de rendimientos y ciclos del equipo que se empleará.
- Análisis de cuadrillas, rendimientos y cálculo del factor prestacional.
- No se debe permitir el uso de precios referenciales o usar el promedio de precio de otros proyectos.

5.1 CÁLCULO DE LOS ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (A.P.U)

5.1.1 DEFINICIÓN

Los análisis de precios unitarios permiten determinar el costo de producir una unidad de los ítems del presupuesto.

Para calcular el precio de una actividad, lo primero que se debe revisar es su especificación, para determinar qué actividades se incluyen en el ítem y como es la medida y pago de la actividad analizada.

Una vez se tiene claro lo anterior se procede a determinar los materiales, mano de obra, equipos y transporte requerido para ejecutar la actividad. Con esta información se procede a determinar los rendimientos y consumos, según sea el caso, requeridos para ejecutar una unidad del ítem analizado.

En ocasiones es necesario realizar composiciones, subanálisis, análisis horarios, análisis de cuadrillas o análisis auxiliares para determinar el costo de los elementos que se emplearan en el análisis unitario.

A continuación, se indicará en detalle cómo debe realizarse el cálculo de cada uno de los componentes del APU.

5.2 METODOLOGÍA DEL COSTO DE LOS MATERIALES

Precios: los precios de los materiales deberán estar respaldados por lo menos por 3 cotizaciones de los proveedores del insumo para la zona, por lo cual se debe definir o aclarar el valor seleccionado para el proyecto con la justificación pertinente. En el precio de incluirse el IVA y el valor del flete para llevarlo al sitio de la obra, y si aplica el valor de almacenamiento espacial que se requiera.

Las cotizaciones se incluirán como un anexo al informe de los Análisis de Precios Unitarios. A.P.U.

Si los materiales son producidos en la obra se deberá incluir el análisis que soporte el cálculo del precio del insumo.

Cantidad: se debe calcular la cantidad del material que se va a consumir, para producir una unidad del ítem que se está analizando, e incluir los posibles desperdicios que se puedan presentar, este cálculo se debe incluir en una memoria que acompañara los A.P.U.

En el caso de los materiales granulares se debe incluir también el factor de compactación del material, normalmente este factor varía entre 1.15 y 1.30.

En el caso de las mezclas de concreto asfáltico o hidráulico, si no se incluye la cotización del suministro del material, deberá hacerse el respectivo análisis auxiliar, en este caso las cantidades serán las dosificaciones utilizadas.

Cálculo del costo de la mano de obra: la mano de obra que se considera en el A.P.U., es la que se emplea directamente en la ejecución de la actividad, los ingenieros y el personal administrativo de la obra se incluyen en el análisis de A.I.U.

En primer lugar, se debe determinar la escala salarial que se pagará en la obra, normalmente se define clasificando el personal en maestros, oficiales y ayudantes y asignado el salario a cada uno de ellos.

Los ayudantes son los obreros rasos y su asignación salarial normalmente es el salario mínimo legal vigente. Los oficiales son los siguientes en la jerarquía y su asignación suele estar entre los 2 y 4 smmlv, finalmente los maestros son los jefes de las cuadrillas y su asignación puede estar entre los 3 y 5 smmlv. A todos los valores anteriores hay que afectarlos por el factor prestacional, para incluir el costo de las prestaciones sociales.

Adicionalmente se debe hacer una composición del costo del jornal de la mano de obra, considerando las horas ordinarias y nocturnas, de acuerdo con la jornada que se tenga prevista para ejecutar la obra, definida en el programa de trabajo. Las horas extras y el costo de los festivos se deben incluir en el cálculo del factor prestacional.

Análisis de cuadrillas – Rendimientos:

Se deben conformar cuadrillas, para cada trabajo, combinando la cantidad de maestros-oficiales-obreros que se requieran para la actividad, calculando el jornal (costo diario) de la cuadrilla.

Una vez se tienen conformadas las cuadrillas, se deben asignar a las actividades y determinar el rendimiento de estas.

El rendimiento, es la cantidad de unidades del ítem que se analiza, que la cuadrilla produce en una jornada de trabajo.

La estimación del rendimiento depende de las condiciones del trabajo que realiza la cuadrilla y debe coincidir con las suposiciones utilizadas para elaborar el programa de construcción.

Valor de la mano de obra:

El valor de la mano de obra es el costo de la mano de obra dividido entre el rendimiento de la cuadrilla para producir una unidad del ítem analizado.

Cálculo del costo del equipo

La elección del tipo y tamaño de los equipos debe corresponder con la tarea que se va a realizar y estar acorde con el plan de obra que se incluye en el programa de trabajo.

Tarifa horaria del equipo:

En el caso del equipo, si se tienen las cotizaciones de alquiler este es el precio que se debe usar, incluyendo el IVA si aplica.

Las cotizaciones del alquiler de los equipos deben anexarse al informe de los A.P.U.

Si no se tienen las cotizaciones se debe realizar el análisis de costo horario de equipos.

En el caso anterior se debe incluir como anexo al informe de los A.P.U, el soporte del valor del equipo que se utilizó.

Rendimiento del equipo:

El rendimiento es la cantidad de unidades del ítem analizado que el equipo produce en una hora.

Para la estimación del rendimiento del equipo, se debe partir del manual del fabricante del equipo, sin embargo, es necesario considerar las reducciones por la disponibilidad del equipo y las condiciones particulares de trabajo que tendrá.

Además, es necesario calcular los ciclos de producción que normalmente incluyen varios equipos diferentes que se complementan en la ejecución de un grupo de ítems en particular y condicionan sus rendimientos simultáneamente.

Estos ciclos de producción no solo sirven para estimar el precio unitario, sino también para elaborar el programa de obra y estimar el tamaño de la flota que se requiere para el proyecto.

Como anexo a los A.P.U.s se debe dejar una memoria del cálculo del rendimiento del equipo y de todos los ciclos de producción.

Valor del equipo:

El valor del equipo es el costo horario de este, dividido entre el rendimiento que se calculó para el ítem analizado.

Valor del transporte o acarreo

- **Costo del acarreo por unidad de longitud:**

El costo del acarreo es un caso particular del equipo, en el que se estima el costo del transporte por metro cúbico por kilómetro, o por tonelada/kilómetro.

- **Valor del acarreo:**

El valor del acarreo es el que resulta de multiplicar el costo por unidad de longitud por la distancia promedio que hay que acarrearla para producir una unidad del ítem analizado.

Cálculo del A.P.U.: para todos los componentes del A.P.U., materiales, mano de obra, equipo y acarreos se hace el respectivo análisis y luego se suman para determinar el valor del costo directo de la actividad. El formato para este cálculo será el suministrado por el INVÍAS.

CAPÍTULO 6. PRESUPUESTO

Con los precios unitarios de cada ítem y las respectivas cantidades de obra, se determinará el Presupuesto Básico de la obra en pesos colombianos, a la fecha de presentación del estudio.

Debe agruparse de acuerdo con los capítulos de las especificaciones. Los códigos de los ítems, sus unidades y descripción deben corresponder también con las especificaciones.

El presupuesto oficial total, será la suma del Presupuesto Básico o costo directo más el valor correspondiente al A.I.U. calculado para el proyecto, como se indica a continuación.

.6.1 CALCULO DEL A.I.U.

El Consultor presentará unos análisis de los costos de administración, imprevistos y utilidad; con base en un experimentado Ingeniero de construcción y establecerá estos costos indirectos que deben tener en cuenta las condiciones de la zona, la localización de la obra con respecto a los centros de producción y abastecimiento y la organización misma de los trabajos.

Estos costos se presentarán discriminando los gastos administrativos generales de la empresa, todos los demás costos indirectos y un estimativo de acuerdo con el tipo de proyecto de unos imprevistos y la utilidad esperada.

Para el logro de este propósito:

- Se definirá la estructura administrativa que requerirá el constructor del proyecto. (Gastos Operacionales Mensuales).
- La calidad de las instalaciones requeridas para la obra.
- El monto de las pólizas de seguros contractuales y no contractuales.
- Se debe considerar, de acuerdo con un planteamiento de flujo de fondos los Costos Financieros.
- Se debe considerar la valoración de impuestos según las normas impositivas de acuerdo con la categoría de la empresa que requiere el proyecto y el valor de la utilidad esperada.
- Se debe contemplar el costo de pólizas y garantías necesarias para el correcto funcionamiento del proyecto.
- Se debe presentar un análisis del valor de los imprevistos del Constructor, (según nivel de estudios, complejidad del proyecto, conocimiento de la región y su gente, rigor climatológico, etc.).
- La estimación de la utilidad debe corresponder a la utilidad promedio de las empresas constructoras, calculada a partir de los Estados Financieros que se consultan en la Superintendencia de Sociedades o en balances presentados en Cámaras de Comercio.

Para el cálculo del AIU se usará un proceso interactivo donde inicialmente se llegará a un valor porcentual de la administración con respecto a los Costos Directos (Valor Básico del Presupuesto) para luego sumarle los valores porcentuales de los imprevistos y la utilidad.

Todo lo anterior se debe presentar en formato de Excel debidamente formulado y con las estructuras y requerimientos mínimo mencionados para tener en cuenta para el cálculo de la

Administración, todo lo anterior con el fin de identificar la estructura administrativa necesaria para realizar la adición de estos datos al pliego de condiciones para la licitación de obra.

CAPÍTULO 7. PROGRAMA GENERAL DE CONSTRUCCIÓN, CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA, PROGRAMA DE UTILIZACIÓN DE EQUIPOS, DE MATERIALES Y DE INVERSIÓN

El Consultor elaborará un Programa de Trabajo e Inversión de acuerdo con una secuencia lógica y armónica en el desarrollo de cada una de las actividades de la obra agrupada en grandes partidas de pago, planteando la ejecución de las obras en un plazo técnica y económicamente adecuado. Asimismo, recomendará el número de frentes de trabajo y el ritmo requerido de construcción. El programa de trabajo e inversión se presentará en el formato diseñado por el INVÍAS.

El Consultor deberá formular además un Cronograma de Ejecución Detallado de obra, integrando volúmenes de ejecución y tiempos asociados, esto de acuerdo con los Rendimientos planteados en los análisis de Precios Unitarios y cuyo análisis considerará las restricciones que pueda existir para el normal desenvolvimiento de las obras, tales como lluvias o condiciones climáticas adversas, dificultad de acceso a ciertas áreas, etc.

El cronograma se elaborará, identificando las actividades o partidas que se hallen en la ruta crítica del proyecto. Se presentará también un diagrama de barras para cada una de las tareas y etapas del proyecto. El Consultor deberá dejar claramente establecido que el Cronograma es aplicable particularmente a las características del proyecto y condiciones de la región. Asimismo, presentará un Cronograma de Utilización de Equipos y Materiales.

Se elaborará un cronograma o calendario de desembolsos, teniendo en cuenta el adelanto o anticipo que se otorga al inicio de las obras y las fechas probables para que la Entidad efectúe los pagos.

En la programación se tendrá en cuenta las actividades preliminares y organizativas del contrato en obra como instalación de campamentos, transporte de equipos, montaje y puesta en marcha Plantas de Triturados y Mezclas de Concreto Hidráulicos y de Concreto Asfáltico.

7.1 DEFINICIONES

Actividad: es el conjunto de operaciones o tareas que es necesario hacer para llevar a cabo la realización del proyecto.

Actividad Crítica: es una actividad que presenta holgura total igual a cero.

Actividad que Precede: es aquella que debe estar terminada inmediatamente antes de la actividad que se está realizando.

Actividad que Sucede: es aquella que puede iniciarse inmediatamente después de la actividad que se está realizando.

Actividad Simultánea: es la actividad que puede desarrollarse al mismo tiempo de la actividad que está en proceso.

Actividades Administrativas: a este grupo pertenecen todas y cada una de las actividades involucradas en la planeación, organización, dirección, coordinación y control del proyecto.

Capítulo: es el compendio de actividades a desarrollar en un proyecto, que tienen naturaleza similar o son parte de objetivo parcial común.

Curvas de Costo Tiempo: es la presentación gráfica detallada del costo y el tiempo de las actividades obtenidas a partir de un presupuesto, realizada para un proyecto específico.

Duración Fija: es el tiempo mínimo de duración de una actividad, cuando su ejecución depende de factores externos.

Duración Dependiente: es el tiempo de duración de las actividades que pueden realizarse con los recursos propios del proyecto.

Evento: es el principio o fin de una o varias actividades; no consume tiempo, no consume recursos, solo es un punto de control.

Evento Clave o Hito: es un punto determinado de control de la programación, el cual resume el seguimiento a un grupo de actividades o capítulos. Este punto de control no tiene duración ni utiliza recursos.

Fluctuación – Holgura: cantidad de tiempo que se puede demorar el inicio o terminación de una actividad sin que se retrase la terminación del proyecto.

Holgura Libre: es el margen de tiempo que tiene una actividad para atrasarse en su iniciación o terminación sin que ello afecte el inicio de la actividad que sigue.

Holgura Total: es el margen de tiempo que tiene una actividad de posponer su inicio o terminación sin afectar el tiempo final de ejecución de todo el proyecto.

Línea de Base: es el programa inicial del proyecto, sobre el cual se efectúa el control de avance de este.

Metas de Gestión Financiera: se refiere al cumplimiento de los objetivos de la ejecución financiera del contrato con base en el plan de inversiones.

Método de la Ruta Crítica: es un método de programación y control de proyectos que permite definir la ruta crítica de un proyecto. Está basado en actividades; es determinístico y está orientado a quien lo ejecuta.

Planeación: Es la etapa de inicio del proyecto en la cual se determina qué se va a realizar y cómo se va a hacer, estableciendo objetivos claros y precisos.

Proyecto: es el conjunto articulado de actividades orientadas a alcanzar uno o varios objetivos, siguiendo una metodología definida, para lo cual precisa de diferentes tipos de recursos cuya ejecución en el tiempo responde a un cronograma con una duración limitada. El proyecto puede incluir la ejecución de uno o varios contratos.

Recursos: son los elementos que se utilizan para la ejecución de las diferentes actividades que intervienen en la realización de un proyecto.

Recursos Financieros: dinero que se emplea para la realización de un proyecto.

Recursos Humanos: personas profesionales, técnicos, empleados y obreros que intervienen en la ejecución de las actividades.

Recursos Materiales o Físicos: materia prima y equipo que se emplea en la ejecución de las actividades.

Recursos Tecnológicos: elementos de Software y hardware, entre otros, utilizados en la realización de las actividades.

Recurso Tiempo: margen de fechas disponible para la ejecución de un proyecto.

Ruta Crítica: se define como la ruta de ejecución del proyecto conformada por las actividades críticas.

Secuencia: indica el orden o prelación de una actividad en relación con las demás.

Valor Ganado: metodología de control de proyectos que identifica índices de avance del proyecto en tiempo (adelanto-atraso), así como también índices de avance del proyecto en inversión (ahorros o sobrecostos). Se basa en la comparación, en primera instancia, de las cantidades de obra inicialmente programadas contra las cantidades de obra ejecutadas a través del tiempo. En segunda instancia, se comparan los precios unitarios inicialmente ofertados contra los precios unitarios pagados, durante la ejecución de las actividades.

7.2 REQUISITOS PARA LA PROGRAMACIÓN

Para la realización de las labores de programación y control de proyectos, se debe presentar para aprobación del Interventor, la metodología a seguir en la ejecución de las actividades propias del proyecto, con la cual se definan los requerimientos de recursos.

7.2.1 PROGRAMACIÓN

Para realizar la programación se deben tener en cuenta como mínimo los aspectos relacionados a continuación.

Definición de las Actividades:

Se determinarán las actividades del proyecto. Las actividades deben ser concretas, deben tener un propósito único, una duración específica y sus estimativos de tiempo y costo deberán poder calcularse con facilidad.

Estructura de Distribución del Trabajo:

Para la organización de las actividades, se debe emplear la metodología de la estructura de distribución del trabajo (EDT) siguiendo para ello los siguientes pasos:

- Paso 1: dividir el proyecto en sus objetivos principales, de manera tal que el proyecto quede claramente definido por ellos.

- Paso 2: fragmentar cada objetivo en las actividades que es necesario llevar a cabo para alcanzarlo.

- Paso 3: en el caso de actividades que carezcan de una o más características, se deberán dividir o agrupar hasta que tengan características definidas.

- Paso 4: elaborar una lista de todas las actividades, indicando la descripción de cada actividad y sus características.

7.2.2 SECUENCIA DE EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Una vez realizada la lista de actividades, se procederá a determinar las relaciones de precedencia o la secuencia de ejecución entre ellas. En este proceso se deben definir las actividades predecesoras, las actividades simultáneas y las actividades sucesoras, para lograr el objetivo propuesto.

La secuencia de actividades se debe presentar en un formato que contenga como mínimo el código, descripción o nombre de la actividad, unidad en la que se mide la actividad, cantidad a ejecutar, actividad que precede y actividad que sucede.

7.2.3 DETERMINACIÓN DE LOS TIEMPOS DE EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Una vez determinadas las actividades y la secuencia de ejecución, se calcularán las duraciones de cada una de éstas, teniendo en cuenta los recursos propuestos, las cantidades y los rendimientos. En este proceso es importante tener presente las demoras que pueda tener cada una de las actividades a realizar.

En términos generales, la duración de cada actividad se debe estimar con base en los recursos requeridos para el proyecto. Se considerará la dependencia entre actividades y los eventos que condicionan la duración de éstas.

Se deben contemplar los tiempos mínimos definidos para la realización del proceso por parte de las Entidades o personas relacionadas con dicha actividad en caso de tener duraciones fijas. Se presentarán para aprobación del INVÍAS, los tiempos definidos en las duraciones fijas, así como su justificación.

La programación del proyecto deberá presentar holgura total igual a cero, y la duración total estará acorde con el plazo contractual.

7.2.4 PRESENTACIÓN DE ACTIVIDADES Y DISTRIBUCIÓN DE RECURSOS

Se debe presentar un cuadro con cada una de las actividades que componen el proyecto con su número de ítem respectivo, unidad de medida, cantidad a ejecutar, duración, holgura libre, actividades precedentes y actividades sucesoras, costo inicial y recursos para desarrollarla.

Las actividades que presenten holguras libres se deberán ajustar dentro de su margen de fluctuación, de modo que la demanda periódica de los recursos sea la más conveniente para el INVÍAS.

Se elaborará una programación y nivelación de recursos, de tal forma que su utilización sea la óptima a lo largo del proyecto, evitando en todo momento tener iniciaciones adelantadas o terminaciones tardías.

7.2.5 DETERMINACIÓN DE CAPÍTULOS O ÍTEMS DE GRANDES PAGOS

Se deben definir los ítems de grandes pagos o capítulos que forman parte del proyecto. Cada capítulo debe tener el recurso financiero asignado para su ejecución en el tiempo definido para el proyecto, así como la duración de este y la relación de actividades que lo componen. Se deberá presentar un cuadro que contenga como mínimo los capítulos, su duración y su costo inicial.

7.2.6 DETERMINACIÓN DE LA RUTA CRÍTICA DEL PROYECTO

Se deberá definir la ruta crítica del proyecto (secuencia de actividades con holgura libre cero) del proyecto que permita establecer el tiempo de ejecución real del mismo. Se deben tener en cuenta los factores limitantes propios del proyecto o externos al mismo, que afecten su ejecución. Se considerarán los recursos asignados a las diferentes actividades, así como las duraciones fijas y dependientes de recursos.

7.2.7 DIAGRAMA DE BARRAS O DIAGRAMA DE GANTT

Se debe presentar para aprobación del INVÍAS el diagrama de barras o Gantt que permita visualizar con claridad, la secuencia de ejecución de las actividades del proyecto. La ruta crítica estará identificada por flechas y las actividades críticas se presentarán en diferente color a las actividades no-críticas. Se deberán identificar de igual forma los eventos o puntos de control de la programación.

7.2.8 FLUJO DE INVERSIÓN

En el flujo de inversión del proyecto se debe presentar la distribución de los recursos financieros en el tiempo para cada uno de los capítulos o ítems de grandes partidas, definidos previamente.

7.2.9 PRESENTACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN

Los documentos para entregar por el INVÍAS son los definidos a continuación:

- Metodología detallada de las labores a realizar.
- Formato de actividades.
- Formato de capítulos.
- Cuadro de recursos para el proyecto.
- Cuadro de recursos por actividad.
- Cuadro de inversión por capítulo.
- Diagrama de barras o Gantt con la ruta crítica definida.
- Flujo de inversión.

7.2.10 LÍNEA BASE PARA EL CONTROL DEL PROYECTO

El programa del desarrollo de los trabajos aprobados por el INVÍAS es la Línea -Base sobre la cual se efectuará el seguimiento y control del avance del proyecto, durante su ejecución. La Línea Base no se podrá alterar o modificar, salvo ocasiones especiales la Empresa autorice cuando existan las justificaciones del caso, modificaciones y/o adiciones.

CAPÍTULO 8. PRODUCTOS ENTREGABLES

El Consultor deberá entregar como productos resultantes de los estudios y diseños para este volumen el presupuesto oficial para la licitación con todos sus soportes (Análisis APU y AIU, rendimientos mano de obra y equipos y cotizaciones) en los formatos dispuestos por el INVÍAS en su sistema de calidad.

El Consultor deberá entregar como producto la programación de obra inicial, línea de base, en medio físico y en medio magnético utilizando uno de los softwares del mercado como Project, Primavera o similar adjuntando el cuadro de recursos y asignación de estos, diagrama de Gantt con ruta crítica y el análisis de tiempos de acuerdo con los rendimientos calculados para los recursos.

Se recomienda que la diferencia entre el presupuesto oficial para licitación calculado por el Consultor y el presupuesto ofertado no difiera del 15% por debajo.

El Consultor deberá de igual manera presentar un presupuesto detallado para la contratación de la Interventoría de la obra a contratar.

El Consultor deberá entregar como productos resultantes de los estudios y diseños para este volumen un presupuesto para licitación, que sirva como referencia para el costo total del

proyecto con sus soportes (Análisis APU y AIU, rendimientos, mano de obra, equipos y cotizaciones) en los formatos dispuestos por el INVÍAS en su sistema de calidad.

Teniendo en cuenta lo anterior el presupuesto debe ser entregado en formato Excel, el cual deberá contemplar como mínimo; el resumen de costos de cada una de las actividades del presupuesto, el APU de cada una de las actividades para cada una de estas actividades relacionadas, el listado de materiales y/o insumos, personal y equipo utilizados para el cálculo del APU. Todo esto debidamente formulado, vinculado o entrelazado con el fin de facilitar futuras actualizaciones de los costos para la totalidad de este entregable.

CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Consultor deberá presentar las conclusiones y recomendaciones que considere pertinentes con referencia al área de estudio y que deben tenerse en cuenta durante la etapa de construcción del proyecto de infraestructura.

4.15. VOLUMEN XV. EVALUACIÓN SOCIOECONOMICA Y FINANCIERA DEL PROYECTO

VOLUMEN I. EVALUACIÓN FINANCIERA Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVA

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES

El objetivo de este capítulo es desarrollar la evaluación financiera de un proyecto a ejecutarse sobre vías existentes en lo relacionado con Estudios y Diseños Puntos Críticos. Se analizarán las diferentes fuentes de financiación disponibles para poder llevar a cabo este tipo de proyectos de infraestructura vial.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

A partir de la viabilidad técnica, económica, social, ambiental del proyecto en lo relacionado con estudios y diseños de puntos críticos, se procede a evaluar los beneficios para acceder a los recursos disponibles, ya sea en el mercado financiero, con recursos públicos, o con fuentes alternativas que pueden unirse para poder llevar a cabo las labores de estudios y diseños punto críticos.

Posteriormente se evalúan las posibles condiciones de las distintas fuentes o de financiación en cuanto a tipo de fuentes, disponibilidad, plazo, costo, modalidad de amortización y garantías exigibles.

En caso de que una Entidad Estatal quiera desarrollar el proyecto con sus propios recursos, allí no se buscará que el proyecto genere utilidades, sino que se procurará, con las herramientas

básicas desarrolladas, asegurar el adecuado funcionamiento y sostenibilidad de este. Evaluando así, otro tipo de rentabilidades como lo es la social, económica y/o ambiental.

Si bien el proyecto ya cuenta con estudios de diseños los recursos destinados a su ejecución deberán incluir el desarrollo de estudios adicionales que se pudieran llegar a requerir para el desarrollo de este.

CAPÍTULO 3. RECOPILACIÓN Y TOMA DE INFORMACIÓN - FUENTES DE FINANCIACIÓN PARA PROYECTOS CON ESTUDIOS Y DISEÑOS PUNTOS CRÍTICOS

Para la recopilación de la información relacionada con las fuentes de financiación disponibles para el desarrollo del proyecto de puntos críticos, se acudió a revisar como se han financiado proyectos viales en Colombia y en la región, así como las alternativas que está evaluando el INVÍAS a través de diferentes mecanismos de liquidez y garantizar recursos a mediano y largo para el desarrollo de los proyectos.

Se encontró que la financiación de estos proyectos está relacionada con la modalidad de contratación, es decir, si es obra pública o es obra incluida bajo la modalidad de Asociación Público-Privada en Concesión. Tal diferenciación se hace para incluir las alternativas de financiación por parte del sistema financiero y el mercado de capitales, de acuerdo con el ejecutor del proyecto.

3.1 PROYECTOS POR OBRA PÚBLICA - FUENTES DE FINANCIACIÓN

Los proyectos otorgados mediante un contrato de obra pública tradicionalmente se han financiado con recursos del Presupuesto General de la Nación y/o de las Entidades Territoriales y con recursos del Sistema General de Regalías.

Eventualmente cuando se llevan a cabo programas viales con componentes adicionales de desarrollo e impacto productivo, regional, social, inclusivo, etc.; se puede acceder a recursos de organismos multilaterales que están asociados a un préstamo que estas entidades realizan al gobierno nacional con una destinación específica, por lo general con plazos y condiciones de pago favorables para el Estado.

Por su parte el Fondo Adaptación, Entidad adscrita al Ministerio de Hacienda, con sus recursos, ha realizado obras para atender la construcción, reconstrucción, recuperación y reactivación económica y social de las zonas afectadas por los eventos derivados del fenómeno de La Niña de los años 2010 y 2011. Además, con la expedición de la Ley 1753 de 2015 mediante el cual se adopta el Plan de desarrollo 2014-2018 “Todos por un nuevo país” se le atribuyó al Fondo la facultad de ejecutar proyectos integrales de gestión del riesgo y adaptación al cambio climático con un enfoque multisectorial y regional, además de los relacionados con el fenómeno de La Niña. Es esta otra fuente de recursos para atender obras relacionadas con la atención de puntos críticos.

Los recursos utilizados para el desarrollo de estos proyectos por obra pública, por lo general, solo son utilizados para financiar la construcción y por lo tanto los plazos están asociados a los tiempos en que se desarrolla la obra, de tal manera que, si se llega a requerir, se pueden autorizar vigencias futuras para la Entidad contratante y así asegurar los recursos por el plazo requerido para la construcción. Generalmente al constructor o adjudicatario de la obra se le otorga un anticipo sobre el valor estimado de la inversión. En los contratos de obra pública los riesgos en su gran mayoría están a cargo de la Entidad contratante.

3.2 FUENTES ALTERNATIVAS DE FINANCIACIÓN

Adicional a las fuentes tradicionales utilizadas para la financiación de los proyectos de infraestructura vial existente con estudios y diseños puntos críticos, se conciben otras fuentes que se detallan a continuación algunas de las cuales, si bien no se han utilizado por parte del INVÍAS, existen experiencias exitosas en otros proyectos de naturaleza similar. Otras fuentes planteadas se encuentran en proceso de reglamentación, o con algún grado de avance o estructuración para su implementación en proyectos de infraestructura vial. Por los montos de los proyectos a ejecutar es muy probable que se utilicen una o varias fuentes de financiación, para lograr la totalidad de los recursos requeridos y que se asegure no solo el diseño y la construcción, si no también, la operación y mantenimiento.

3.3 MECANISMO DE OBRAS POR IMPUESTOS [4]

Obras por Impuestos es un mecanismo del Gobierno Nacional inmerso en la Ley 1819 del 29 de diciembre de 2016 en su artículo 238, reglamentado mediante el Decreto 1915 del 22 de noviembre de 2017. La Ley 1819 del 29 de diciembre de 2016 adoptó una Reforma Tributaria estructural, estableció incentivos tributarios para cerrar las brechas de desigualdad socioeconómica en las Zonas Más Afectadas por el Conflicto Armado (en adelante ZOMAC), entre ellos, el mecanismo de Obras por Impuestos definido en el artículo 238. Con la emisión del Decreto 1915 de 2017, se aclaró cómo se pondrá en marcha el artículo 238 de la reforma tributaria que permite que los empresarios financien obras y paguen parcialmente el impuesto sobre la renta y complementario a cargo, mediante la ejecución de obras de trascendencia social en las zonas más afectadas por el conflicto.

Bajo este mecanismo las empresas tienen la posibilidad de pagar hasta el 50% de su impuesto de renta, a través de la ejecución directa de proyectos de inversión en las zonas más afectadas por la violencia y la pobreza. Los contribuyentes podrán invertir en la construcción, atención de

[4] Información tomada de la página web de Fiduprevisora y de la Agencia de Renovación del Territorio - ART

puntos críticos, optimización o ampliación de infraestructura y la dotación requerida para el suministro de los siguientes servicios: Agua potable y alcantarillado, Energía, Infraestructura vial, Educación y Salud públicas. Es decir, en lugar de transferir el dinero al tesoro nacional por intermedio de la Dian, el contribuyente podrá elegir un proyecto de interés social en las Zomac, aportar recursos para la ejecución de dicho proyecto y pagar parcialmente el impuesto de renta a cargo.

Para facilitar el uso de este mecanismo, ha existido un techo fiscal en virtud del cual el límite que el (Consejo Superior de Política Económica y Fiscal - Confis, ha aprobado año a año ha sido de $250.000 millones.

Modalidades:

El mecanismo de pago “Obras por Impuestos” es una forma más de extinción de las obligaciones tributarias a través de dos modalidades:

Modalidad 1. Si el aporte para el proyecto es hasta del 50% o menos del impuesto de renta y complementario a cargo en el respectivo periodo gravable, la obligación tributaria vinculada a “obras por impuestos” a través de un procedimiento previo, se extinguirá una vez le emitan al contribuyente o responsable del impuesto, el certificado de entrega de la obra totalmente construida y en disposición para su uso y/o funcionamiento junto con la conformidad de la debida satisfacción por parte del interventor.

Modalidad 2. Si la inversión supera el 50% del impuesto a cargo del respectivo periodo gravable, los recursos consignados en la fiducia de destino exclusivo a la construcción de la obra podrán ser usados para el pago de hasta el 50% del impuesto sobre la renta a cargo liquidado en el año gravable. Este descuento podrá efectuarse en cuotas iguales durante un periodo de 10 años contados a partir del inicio de la ejecución del proyecto.

Para poder acceder a estos proyectos, se debe seleccionar una iniciativa y registrarla en la Agencia de Renovación del Territorio (ART), que es la Entidad encargada de mantener actualizado el banco de proyectos de inversión en las ZOMAC. Posteriormente deberá presentar una solicitud, indicando el proyecto y la modalidad de pago, constituir una fiducia y depositar el valor de los impuestos y, finalmente, ejecutar y entregar la obra. El contribuyente también puede seleccionar una obra previamente registrada en el banco de proyectos. En este caso, solo deberá adelantar el proceso a partir de la presentación de la solicitud.

Independientemente donde se encuentren ubicadas u operando las empresas o las personas naturales que deseen apostarle a la construcción de paz a través de esta medida, podrán desarrollar proyectos teniendo en cuenta el paso a paso que se describe a continuación:



Con base en lo anterior, el mecanismo de Obras por Impuestos se constituye en otra fuente alternativa de recursos para poder ejecutar proyectos viales en diversas zonas del país.

3.4 RECURSOS DE CONTRAPRESTACIONES PORTUARIAS

El artículo 7 de la Ley 1 de 1991, modificado por la Ley 856 de 2003, contempla en el "*PARÁGRAFO 1º. La contraprestación que reciba la Nación por concepto de zonas de uso público e infraestructura a través del Instituto Nacional de Vías, INVÍAS, o quien haga sus veces, se destinará especialmente a la ejecución de obras y mantenimiento para la protección de la zona costera, dragado de mantenimiento y/o profundización, construcción y/o mantenimiento de estructuras hidráulicas de los canales de acceso a todos los puertos a cargo de la Nación, para el diseño, construcción, ampliación, rehabilitación y mantenimiento de las vías de acceso terrestre, férrea, acuático y fluvial a los puertos del respectivo distrito o municipio portuario y a las obras de mitigación ambiental en el área de influencia tanto marítima como terrestre.*"

Es así como el INVÍAS puede utilizar recursos de contraprestaciones portuarias para lo relacionado con el diseño, construcción, ampliación, rehabilitación y mantenimiento de las vías de acceso terrestre a los puertos del respectivo distrito o municipio; siendo esta esta otra fuente alternativa de recursos para financiar las obras de infraestructura vial.

3.5 RECURSOS DE VALORIZACIÓN

La Ley 1955 de 2019 en su artículo 97, tiene previsto entre las fuentes de financiación y pago para apoyar la realización de proyectos de infraestructura de transporte otras fuentes entre las que se encuentra los recursos por valorización. Sin embargo, se requiere del Decreto de

reglamentación para poder usar esta fuente de recursos para el desarrollo de proyectos. Existen proyectos viales actuales que han impactado zonas que se han desarrollado y cuyas áreas de terreno han visto incrementado sus precios, por esta razón se considera que el cobro de una contribución de valorización a los propietarios, podría ser una fuente alternativa de recursos para el desarrollo de proyectos de infraestructura vial.

3.6 RECURSOS DE PEAJES

El INVÍAS cuenta con peajes que administra a lo largo del territorio nacional por lo que esta es otra fuente por considerar para financiar proyectos de infraestructura vial. Dependiendo del valor del proyecto y de los peajes que lo componen, es posible utilizar el producto de estos para financiar parcial o totalmente el proyecto. Los peajes adicionales que se inserten en un trazado vial, o que sean destinados para este objetivo específico, deben ser aislados del presupuesto del INVÍAS a través de una fiducia o similar con el fin de ser empleados en proyectos de infraestructura vial específicamente.

3.7 MECANISMO DE TITULARIZACIÓN DE PEAJES

El mecanismo de titularización es muy utilizado en el sector financiero, y permite al emisor agrupar flujos de caja futuros, para emitir en el mercado de valores, títulos que son adquiridos por inversionistas y que el recaudo de la venta de esos títulos permite al emisor adquirir liquidez para financiar sus operaciones y/o inversiones.

Los recursos del recaudo de los peajes se deben ingresar periódicamente a un patrimonio autónomo que se constituye por cuenta y orden del originador, en este caso el INVÍAS. La emisión de los títulos valores los realiza el patrimonio autónomo y deben contar con una calificación que otorga una Entidad calificadora de riesgos. Dependiendo de las características del título y su calificación, se determina la tasa de interés que se le va a reconocer al inversionista.

La titularización de flujos futuros, en este caso de los peajes, es un mecanismo para obtener liquidez a través del mercado de capitales, y es ya conocido y aceptado entre los inversionistas en Colombia. Por lo anterior es factible que el INVÍAS desarrolle el programa de titularización de peajes para financiar sus obras. Con los recursos de titularización de peajes se aseguran recursos a mediano y largo plazo para la ejecución de los proyectos.

3.8 FONDO DE FUENTES ALTERNATIVAS DE PAGO PARA EL DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURA (FIP)

El artículo 149 de la Ley 2010 de 2019 creó el patrimonio autónomo Fondo de Fuentes Alternativas de Pago para el Desarrollo de Infraestructura (FIP), administrado por el Ministerio de Hacienda. El FIP se reglamenta mediante Decreto 223 del 2 de marzo de 2021. El Fondo de Fuentes Alternativas de Pago para el Desarrollo de Infraestructura tiene por objeto la administración y gestión de recursos que podrán destinarse como fuente de pago para el desarrollo de proyectos de infraestructura. El Fondo podrá entregar a cualquier título los recursos a las Entidades concedentes para el desarrollo de proyectos de infraestructura, de acuerdo con las condiciones que se definan en el correspondiente contrato de fiducia mercantil y el reglamento del Fondo.

El patrimonio del Fondo de Fuentes Alternativas de Pago para el Desarrollo de Infraestructura (FIP) podrá estar constituido, entre otras, por las siguientes fuentes de recursos:

1. Recursos del valor residual de concesiones y obras públicas, y/u otras fuentes alternativas que defina el Gobierno nacional y/o las Entidades Territoriales.
2. Recursos derivados de la Contribución Nacional de Valorización una vez descontados los valores producto de los compromisos legales o contractuales adquiridos previamente.
3. Rendimientos que genere el Fondo y los que obtenga por la inversión de los recursos que integran su patrimonio.
4. Recursos que obtenga a través de operaciones de crédito público, de financiamiento interno o externo y de tesorería destinadas al cumplimiento del objeto del Fondo conforme con lo dispuesto en el artículo 2.23.19 del presente decreto.
5. Recursos del Presupuesto General de la Nación a favor del Fondo.
6. Recursos de organismos multilaterales y cooperación nacional o internacional.
7. Ingresos propios de las Entidades estatales que éstas hayan asignado para el desarrollo de proyectos de infraestructura y cuyos derechos económicos, así como los recursos, sean cedidos al Fondo.
8. Recursos de peajes, tarifas al usuario o explotación comercial, en contratos de concesión, que hayan quedado en libre disposición para la Entidad contratante y cuyos derechos económicos, así como los recursos, sean cedidos al Fondo.
9. Derechos económicos de concesiones y/o contratos de asociaciones público-privadas que las Entidades estatales hayan asignado para el desarrollo de proyectos de infraestructura y que sean cedidos al Fondo.
10. Operaciones de cobertura sobre los recursos que conforman el patrimonio del Fondo y respecto de las operaciones de crédito público y financiamiento que celebre.
11. Recursos de las Entidades territoriales que estas hayan asignado para el desarrollo de sus proyectos de infraestructura y cuyos derechos económicos, así como los recursos, sean cedidos al Fondo.
12. Los demás que determine el Gobierno nacional.

Este Fondo se encuentra en proceso de constitución del patrimonio autónomo y será una fuente alternativa adicional como mecanismo de financiación para los proyectos viales del INVÍAS.

3.9 ENAJENACIÓN DE ACTIVOS

Otra fuente alternativa de financiación, proviene de los recursos derivados de la venta de activos, susceptibles de enajenación, a nombre del INVÍAS. De tal manera que corresponde a la Entidad valorar esos bienes, determinar el mecanismo de venta y obtener las autorizaciones para su venta, en el tiempo que se establezca, para que con el resultado de las ventas se obtengan recursos puedan destinarse para la financiación de obras en las vías.

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para el desarrollo de proyectos con Estudios y Diseños Puntos Críticos, existen diversas fuentes de financiación. El acceso a estas fuentes depende del tamaño y otras características que se definan para cada proyecto, como por ejemplo: si cuenta o se van a instalar casetas de peajes, si la autoridad local está dispuesta a aportar recursos adicionales, si la vía es un acceso terrestre a un puerto; para poder determinar la mezcla de recursos de financiación para el proyecto.

Para la ejecución de proyectos viales a cargo de INVÍAS, a través de obra pública, existen varias fuentes de financiación que se pueden utilizar de manera individual o conjunta, dependiendo del valor de la inversión. Si bien se han utilizado tradicionalmente fuentes provenientes del presupuesto general de la nación, del presupuesto de las Entidades territoriales y recursos de regalías, así como los recursos de contraprestaciones portuarias y peajes, existen mecanismos adicionales que se están formalizando como el FIP, la titularización de peajes, la contribución por valorización, entre otros que sin duda alguna serán una fuente adicional de financiación para el diseño, ampliación, construcción, rehabilitación y mantenimiento de las vías a cargo del INVÍAS. El acceso a estas fuentes innovadoras que además involucran a otras Entidades, así como la creación de patrimonios autónomos y el acceso al mercado público de valores constituye sin lugar a duda, un avance para que el INVÍAS cuente con recursos adicionales bajo distintas modalidades para financiar las necesidades de la infraestructura vial a su cargo.

VOLUMEN II. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DEL PROYECTO

CAPÍTULO 5. OBJETIVOS Y ALCANCES

5.1 OBJETIVOS

El Análisis Socioeconómico, además de precisar la localización del punto crítico, deberá caracterizar y diagnosticar 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 realizando la Evaluación Económica pertinente, con la información correspondiente a los Estudios Técnicos.

Con respecto a la Evaluación Económica, el objetivo será realizar el análisis y comparación en términos de costo – eficiencia, costo – riesgo y/o costo - beneficio, de dos o más alternativas funcionales y estructurales para el punto crítico que procuren dar solución al problema o dificultad identificado y reconocido a través de los estudios técnicos elaborados. Tales deficiencias en la prestación del servicio o carencia en el suministro de la infraestructura vial

requerida para la comunicación y el transporte deberán expresarse según su naturaleza y circunstancia.

Como resultado del proceso de evaluación, el Consultor expresará su juicio sobre la bondad o conveniencia de asignar recursos para el punto crítico del sector, según las diferentes alternativas diseñadas con tal propósito, como requisito indispensable para obtener beneficios económicos identificados y diferenciados en cada una de ellas. Tal expresión de juicio deberá estar soportada en los indicadores generalmente aceptados y correspondientes a la metodología definida para el cumplimiento del objetivo del estudio.

5.2 ALCANCES

El estudio profundizará 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 incluir los vínculos existentes entre las políticas, planes y proyectos nacionales y departamentales actualizados con el objeto y alcance principal del proyecto.

El propósito de esta caracterización es resaltar las condiciones de la población que habita en la región donde está o estará ubicado el proyecto, dando oportunidad a la generación de indicadores que puedan ser utilizados, por ejemplo, en la definición de las tasas de crecimiento del TPD, o en el establecimiento de beneficios exógenos por cumplimiento de mejoramientos en el bienestar de la población aledaña.

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 la 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 “con y sin” proyecto, para cada alternativa considerada.

CAPÍTULO 6. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

La definición del *problema* deberá marcar una estrecha relación con las actividades de ingeniería que participan en la generalidad del estudio de puntos críticos; es decir, que tales exposiciones deberán estar asociadas a los aspectos puntuales y particulares de las áreas de la ingeniería y de las dificultades mismas que éstas atenderán mediante el ofrecimiento de soluciones y recomendaciones específicas. El “*Problema”* se deberá expresar mediante tres variables, a saber:

Manifestaciones: Cómo se revela el problema.
Causas: Orígenes y fuerzas que lo crean.
Consecuencias: Si no se resuelve el problema, ¿Qué pasa?

Aspecto importante que debe tratarse son los *efectos observables* en estudios previos que generan una relación entre el *problema* o *deficiencia* y los objetivos generales y específicos de la Entidad Contratante que manifiesta interés por brindar una posible solución. Al llevar a cabo este análisis, es importante considerar los efectos actuales, aquellos que existen en el momento

presente y que pueden ser observados, como los que pudiesen acaecer en el futuro inmediato. Mediante el ordenamiento de las causas y efectos seleccionados de acuerdo con su relación con el posible problema, se podrán reconocer efectos directos o consecuencias inmediatas y efectos indirectos o de futuro de mediano plazo.

Si bien las características y circunstancias de los proyectos de puntos críticos en lo funcional y/o estructural difieren por razones de los niveles de deformaciones superficiales que conllevan a la conceptualización rápida de soluciones, es importante para su justificación y comprensión de las soluciones propuestas, el levantamiento de información técnica respecto al tipo de daño, gravedad y extensión del mismo que se encuentran, permitiendo con ello la expresión de las manifestaciones del problema, las posibles causas y las consecuencias que puedan sucederse por la no acción pronta de la intervención. Por lo anterior, es preciso que el Consultor realice oportunamente la auscultación de la vía y determine los daños para cada sitio crítico que haya definido para el análisis, facilitando con ello la información indispensable para el proceso de evaluación técnico-económica del proyecto.

Un último aspecto que puede y debe tratarse aquí, es la identificación del nivel de usuarios de la infraestructura que se pretende mejorar y su relación histórica con la misma, así como las implicaciones con respecto de aquellos que se generen por la implementación del proyecto; pudiendo desde luego ampliarse el análisis en otro aparte, en común y estrecha relación con el especialista o con el informe del estudio apropiado y que conforma la condición de unificación entre los estudios previos y los actuales.

CAPÍTULO 7. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

El Consultor presentará la metodología de evaluación 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, los estudios que tienen por objeto la Construcción y pavimentación de nuevas vías, así como la atención de puntos críticos de vías y la Rehabilitación de vías que tienen por objeto específico la reconstrucción o recuperación de las condiciones iniciales, dada la posibilidad de identificar en ellos costos y beneficios, deberá adelantarse la Evaluación Económica mediante la aplicación de la Metodología Análisis Costo Beneficio (ACB), utilizando para ello el Modelo de Evaluación Técnico – Económica denominado HDM en su versión 4. Herramienta de evaluación que permite la generación de informes como los relacionados con los Costos de Operación Vehicular, Costos de Mantenimiento, la Comparación Económica de Alternativas, Análisis de Costo Beneficio, Flujo de Costos Anuales de la Administración y del Usuario, Beneficios Netos Anuales entre otros, para cada alternativa.

Para todos los efectos de realizar los Estudios de Evaluación, el Consultor reunirá la información pertinente a las condiciones existente de la vía actual y del proyecto propuesto, de forma que permita digitar información pertinente en el Modelo **HDM - 4**. De forma general, a continuación, se indica la información que debe ser recaudada:

- **Segmentos homogéneos dinámicos**: Por volumen de Tránsito, Subrasante, Tipo de pavimento, Estado o condición de este último y cualquier otro aspecto que amerite su incorporación. Sin embargo, es significativo considerar los diferentes niveles de tránsito que se presentan en el corredor actual y la información histórica de volúmenes de tránsito que aplique para cada segmento homogéneo que se determine.

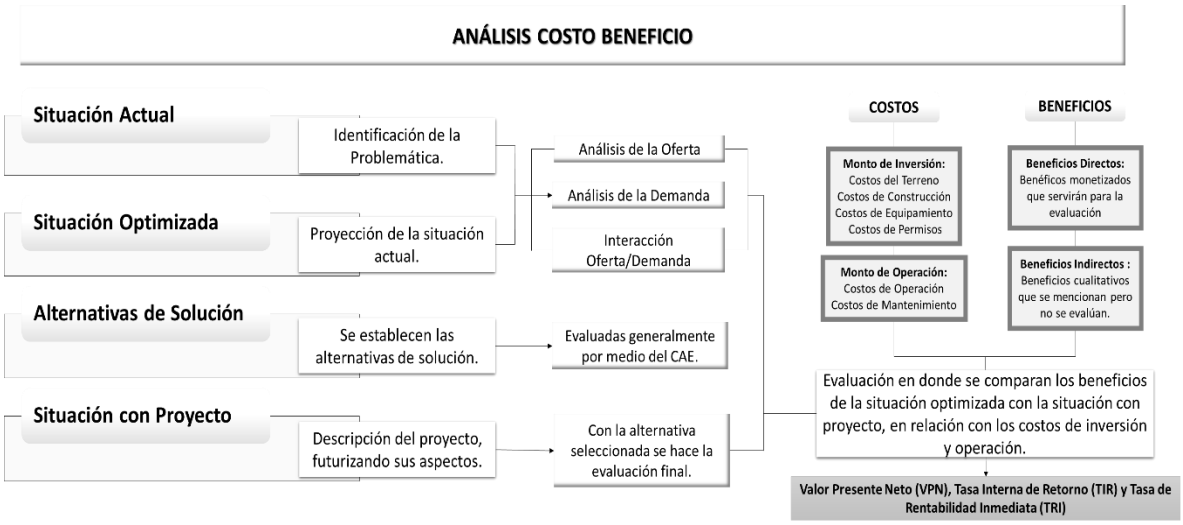
- **Características geométricas**: Para cada segmento homogéneo representado y expresado, se deberá identificar con mayor precisión lo siguiente: Longitudes de segmento, Curvatura vertical (Subidas + bajadas) (m/Km.) y Curvatura horizontal (grados/ km.), Anchos de calzada y bermas. Número de carriles. Velocidad limite y altitud. Tipo de drenaje. (Situación Sin y Con proyecto)

- **Características estructurales**: Tipo de Compactación y Material de la superficie señalando el tipo de grava para cada una de ellas. Espesores de las capas, tipo de daños y áreas afectadas. (Situación Sin proyecto). Para la situación Con proyecto se requiere de los Números estructurales para cada segmento homogéneo, Valores de CBR, Espesores de cada una de las Capas.

- **Tipo de Daños**: Profundidad media de ahuellamiento, Valor del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), (Situación Sin proyecto). (Para las vías en afirmado se reunirán criterios de calificación según la expresión, previa identificación del tipo de daño encontrado y representativo de la condición).

- **Tránsito**: Volumen de TPD actual y futuro, composición y tasas de crecimiento para cada segmento homogéneo identificado. Identificación de Tránsito Atraído, Tránsito desviado, y Tránsito Generado. Identificación de la ocupación vehicular y en lo posible los motivos de viaje de las personas.

- **Costos**: En cuanto a los Costos del proyecto, estos deberán reunir los Costos de la Obra, la Interventoría, costos por compra de predios e indemnizaciones si las hubiere, Costos correspondientes a la gestión ambiental y a las obras de mitigación, así como lo relacionado con impuesto, utilidad y demás. Considerando el alcance de los estudios estos valores corresponderán a un estudio específico debidamente relacionado con características y particularidades del proyecto.



Fuente: Construcción de un indicador ambiental para la evaluación socioeconómica de proyectos carreteros: caso Libramiento de Ixmiquilpan, UNAM 2021

Adicionalmente, los beneficios asociados a los proyectos asociados a la atención de Puntos Críticos se podrán estimar a través de las siguientes Metodologías dependiendo de la inmediatez del proyecto a realizar con la correspondiente justificación por parte del Consultor:

- Metodología de costo de viaje.
- Metodología de gastos de defensa.
- Método del costo de enfermedad.
- Métodos para cuantificar la vida humana en la regulación social (Valor Estadístico de la Vida)

Evaluaciones Socioeconómicas	Análisis Costo – Beneficio	Cuantifica los costos y los beneficios asociados a un Programa o Proyecto.	Selección de alternativas basado en la relación entre los costos y beneficios
	Análisis Costo - Eficiencia	Cuantifica los costos Asociados a un Programa o Proyecto.	Selección de alternativas de Solución a través del mínimo costo, con beneficios iguales.
	Análisis Costo – Efectividad	Cuantifica los costos asociados a un Programa o Proyecto y determina el impacto de este.	Selección de alternativas de Solución a través del mínimo costo y el mayor impacto.
	Análisis Costo - Riesgo	Cuantifica los costos asociados a un Programa o Proyecto y determina el menor riesgo.	Selección de alternativas de solución de la relación de los costos y el mínimo impacto de los riesgos.

Fuente: Construcción de un indicador ambiental para la evaluación socioeconómica de proyectos carreteros: caso Libramiento de Ixmiquilpan, UNAM 2021.

El diagnóstico que enmarque y soporte el documento, corresponderá a aquel que compendie el conjunto de disciplinas participantes (Trabajadoras sociales, antropólogos, Psicólogo, Politólogos, Comunicadores sociales o sociólogo) en el análisis de la situación actual del proyecto, y proyección futurista de los elementos de la infraestructura requerida para soportar

y equilibrar la demanda actual y futura de infraestructura para el desarrollo industrial, comercial y socio cultural de la regional y aledaño a la zona del proyecto.

Con miras a obtener un documento autosostenible, el Consultor deberá incluir dentro del informe, los antecedentes relacionados con el problema por solucionar, identificando el área geográfica y caracterizando la región a través de sus aspectos demográficos y socioeconómicos, además de un resumen de resultados y conclusiones a que se llegue en el estudio de las áreas complementarias del estudio de ingeniería y necesarias para una completa evaluación económica.

Entre estos antecedentes, el Consultor deberá considerar los referidos a la población beneficiada con el proyecto, sus niveles de ingreso, calidad de vida, actividades productivas, usos de la tierra. Otro aspecto por tratar se refiere a los aspectos legales e institucionales dentro de los cuales se encuentra inserto el proyecto.

Con los antecedentes generales y los estudios de tráfico apropiados, se identificará la situación actual o sin proyecto. Se identificará, de manera clara el problema que se pretende solucionar o la necesidad insatisfecha, indicando y cuantificando todas las alternativas de solución, incluyendo dentro de ellas la no realización de acción alguna, enunciando las implicaciones que ello pueda generar.

En términos prácticos para la realización tanto del diagnóstico y de la caracterización se deberá tener en cuenta:

- Revisar el Plan de Intervenciones desde el punto de vista social: evaluar el Plan de Intervenciones desde el punto de vista de ingeniería considerando los objetivos del GdC de largo plazo, para corroborarlo. En apoyo de estas actividades, el Consultor social del originador deberá evaluar los impactos y las alternativas que identifique desde un criterio social en el marco del análisis del Plan de Intervenciones.
- Revisar La legislación ambiental, marco normativo de consultas previas y de intervención de patrimonio arqueológico, términos de referencia para la realización de estudios ambientales expedidos por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), y el análisis de las características sociales, económicas y culturales de las poblaciones y comunidades de la zona de influencia de los corredores.
- Recopilar Los Planes de Ordenamiento Territorial - POT PBOT o EOT según corresponda, con el fin de articular la información al desarrollo municipal y a las características socioeconómicas de los diferentes grupos poblacionales.
- Realizar un mapeo (Sistema de información geográfico - SIG) sectorizado de la población ubicada en el área de influencia de los corredores considerando sus principales características socioeconómicas y su exposición a riesgos derivados de la intervención de la obra.
- Elaborar una línea base de la población del área de influencia del proyecto mediante la cual se analice:

Demografía: población total, por edad y sexo. Nivel de arraigo de las familias, su capacidad para asimilar cambios drásticos por efecto del proyecto (desplazamientos poblacionales u otros ordenamientos del territorio).

Dinámica en las relaciones de parentesco y vecindad con los demás habitantes de la zona. Base económica: identificar las actividades productivas principales y complementarias, economías de subsistencia, economías de mercado, tecnologías y productividad, niveles de ingreso, flujos e infraestructura de producción y comercialización, ocupación y empleo.

A nivel general, se debe realizar un análisis de las familias típicas, características o que sean homogéneas, y adicionalmente con especial interés, las que se identifiquen como familias sensibles socialmente, donde se debe analizar por grupos de familias: Sitios de origen, movilidad y razones asociadas a ella. Permanencias en predios y en el área. Estructuras familiares tipo: nuclear, extensa, disfuncional, etc., número de hijos y miembros. Nivel de vulnerabilidad. Expectativas que las familias tienen frente al proyecto y al posible traslado. Vinculación de los miembros a alguna de las organizaciones comunitarias a nivel veredal y cargo que ocupa en la actualidad.

- Elaborar un inventario de viviendas y un censo que además de que permita identificar las características socioeconómicas de la población objeto se establezca una priorización de áreas pobladas sensibles que puedan ameritar la formulación de programas de reasentamiento poblacional o de la implementación del plan de compensaciones socioeconómicas de acuerdo con los lineamientos de las Resoluciones 545 de 2008 de la Agencia Nacional de Infraestructura.
- Identificar la existencia de Unidades Sociales Residentes y Productivas ocupantes irregulares de la zona de seguridad o de bienes de uso público de la Nación, que por estar fuera de todas las prerrogativas del derecho privado no pueden ser objeto de procesos de adquisición predial o expropiación judicial o administrativa, con el fin de determinar la formulación y posible ejecución de un Plan de Reasentamiento Poblacional Involuntario estimados, teniendo en cuenta como si se fueran a implementar los lineamientos de la Resolución 077 del 2012, el cual debería cumplir con las características de una medida de compensación que debería ser avalada por la Licencia Ambiental, de tal forma que la información para la estructuración sea la más ajustada posible a la realidad.
- Identificación y establecimiento de zonas arqueológicamente sensibles teniendo en cuenta las licencias ambientales y las que sean necesarias para el avance del proyecto, y establecer las acciones que respondan al cumplimiento de la normatividad que rige esta actividad.
- Implementar medición inicial del grado de satisfacción (medición subjetiva) en la población.

Desarrollado el Diagnóstico y Caracterización se ***deberá elaborar el análisis de la situación socioeconómica de la zona de influencia del proyecto***, identificar impactos generados, medidas de mitigación y los costos de las diferentes medidas a ejecutar, con base en el diagnóstico y caracterización socioeconómica.

- Se deberá identificar los posibles impactos sociales que podrían ser generados, con especial atención en aquellos que podrían ir en detrimento de los grupos sociales y poblaciones identificadas.
- Se hará de manera particular una valoración de la afectación de las actividades productivas existentes y el impacto que se pueda generar por la construcción de variantes y otras obras del proyecto. Para tal fin se deberá hacer un diagnóstico de los efectos generados por la construcción de variantes tales como la disminución de ingresos sobre las USP (negocios y servicios) que se ofrecen sobre el paso nacional previo existente. Este impacto, deberá ser valorado a partir de un diagnóstico y caracterización, del comercio de vía existente, identificación las unidades sociales productivas afectadas y el análisis de como el proyecto modificará las condiciones de la vía existente, con base en lo cual se deberá determinar los impactos atribuibles al proyecto, así como las medidas de manejo, mitigación o compensación que correspondan según sea el caso.
- Se deben considerar acciones de capacitación y formación tendientes a fortalecer o mejorar la vocación comercial de las unidades productivas existentes en el corredor, desarrollo de proyectos de emprendimiento, y la construcción de paradores para reubicar actividades productivas impactadas por el desarrollo del proyecto. En el desarrollo de estos paradores se deberá incorporar la participación de las administraciones municipales, Entidades, organizaciones y actores sociales que puedan tener competencia en el tema. Así mismo se debe formular el proyecto productivo del parador definiendo su diseño y funcionamiento de este.
- Contemplar impactos tales como el desplazamiento poblacional, afectación a comunidades étnicas, desarrollo de procesos de consulta previa, intervención de patrimonio histórico y cultural o zonas arqueológicamente sensibles, afectación de equipamiento comunitario, instalación de nuevas casetas de peaje, ocupación de derecho de vía, entre otros.
- Formular un plan de mitigación de los impactos, estimar el costo de cada una de las acciones de manejo propuestas, como el costo de los instrumentos de gestión social aplicables a los Proyectos de concesión a cargo de la Agencia como lo son: Plan de Gestión Social Contractual y Plan de Compensaciones Socioeconómicas, Plan de Responsabilidad Social, y Plan de Reasentamientos.
- Para las carreteras existentes o nuevas, en caso de determinarse la necesidad de ubicar nuevas casetas de peaje, se debe presentar la caracterización socioeconómica de las posibles poblaciones impactadas con la ubicación de las estaciones de peaje propuestas: Identificación de comunidades (barrios, veredas, corregimientos), identificación de representantes, asociaciones, agremiaciones representativas como la de transportadores de la zona de influencia del peaje, cámara de comercio, organizaciones sociales de base que tengan incidencia en el tema, entes territoriales municipales y departamentales entre otros.
- Igualmente, el análisis de movilidad y el estudio de trafico de corto recorrido. El originador efectuará un análisis de riesgos, basado en la información que obtenga del Consultor de tráfico y demanda, con el objetivo de indagar acerca de la capacidad de pago de los vecinos, la identificación de tráfico de corta y larga distancia, frecuencias y costos asociados con el cierre de vías debido a interrupciones (por ejemplo inundaciones y fenómenos de remoción en masa), lo cual podría ser afectado por el

cambio climático, y el impacto sobre los costos de transporte público y de pasajeros de carga, alternativas de ubicación, entre otra información que se considere pertinente para orientar el proceso des concertación de peajes.

- Establecer zonas arqueológicamente sensibles, identificar los bienes y servicios encontrados en los diferentes municipios de la Zona de Influencia del Proyecto.
- Tiempo y costos del proceso consultivo con las comunidades étnicas certificadas por el Ministerio del Interior y del Incoder, así como valorar aproximadamente los posibles impactos y una estimación de costos de implementación de medidas de mitigación requeridas para las minorías étnicas identificadas.
- En caso de que el Ministerio del Interior o el **INCODER** no hayan certificado la existencia de comunidades étnicas en la zona de influencia del proyecto, el Originador, con base en la información primaria recolectada en campo debe prever la posible ubicación de alguna comunidad que este en consolidación o haya solicitado su conformación y estimar de igual manera el tiempo y los costos del proceso consultivo.
- Tiempo y costos del proceso consultivo con las comunidades étnicas certificadas por el Ministerio del Interior y del Incoder, así como valorar aproximadamente los posibles impactos y una estimación de costos de implementación de medidas de mitigación requeridas para las minorías étnicas identificadas.
- En caso de que el Min interior o el Incoder no hayan certificado la existencia de comunidades étnicas en la zona de influencia del proyecto, el Originador, con base en la información primaria recolectada en campo debe prever la posible ubicación de alguna comunidad que este en consolidación o haya solicitado su conformación y estimar de igual manera el tiempo y los costos del proceso consultivo.
- Según información del censo e inventario de viviendas, estimar aproximadamente el costo del pago de compensaciones socioeconómicas de acuerdo con los factores sociales susceptibles a aplicar en la compra de los predios.
- Estimar las necesidades y posibilidades de reasentamiento de pobladores sin títulos de propiedad y vendedores informales en las carreteras para liberar el derecho de vía actual y del derecho de vía que podría ser necesario por obras de expansión y variantes (obteniendo información del Consultor de ingeniería sobre el posible trazado). Propender por alternativas de acciones de reasentamiento, validación de censos con autoridades municipales, personeros y/o defensores del pueblo.
- Analizar y estimar otras alternativas diferentes al reasentamiento de tal forma que permitan garantizar el mejoramiento de la calidad de vida de las familias vulnerables.
- Preparar, un marco general de reasentamiento, que incluya los principios y lineamientos para la preparación de un plan de reasentamiento detallado. Este marco ofrecerá directrices al concesionario para el desarrollo del reasentamiento, considerando acciones para el desarrollo del reasentamiento, y estimación de los costos de este.
- El Originador debe estimar los posibles costos y tiempos de la implementación de programas de reasentamiento de población, considerando como si se fueran a implementar con la Resolución 077 de 2012.
- Generar caracterización de las comunidades en zonas de baldíos y/o derecho de vía, para lo cual deberá realizar un censo e inventario de predios requeridos por el proyecto y formular acciones de manejo en el marco de los lineamientos establecidos en la Resoluciones 545 de 2008, 1776 de 2015 y 077 de 2012.

- Identificar la existencia de resguardos legalmente constituidos y las zonas de baldíos, para lo cual deberá solicitar las certificaciones a la Agencia Nacional de Tierras, respectivamente.

De igual manera es indispensable la Participación social en la caracterización del área de estudio, en tal medida 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: presupuestos participativos del proyecto, 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 mixto de investigación (cualitativo y cuantitativo) que soporte los procesos de recolección y análisis de información.

Ahora bien, tratándose de “sitios críticos” con la determinación de causas y origen (corredor geotécnico), se sugiere incluir en al análisis de costo / beneficio, las posibles intervenciones de mitigación requeridas fuera de la faja de retiro, así como aquella que, dadas las competencias institucionales, requieran por lo menos acciones de gestión bajo principios de coordinación y concurrencia, incluyendo en el análisis los cálculos del costo de no realizar las intervenciones requeridas. Al considerar aspectos demográficos y socioeconómicos, así como condiciones de uso de suelo en el territorio en dónde se implanta el tramo vial.

CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En relación con los factores de innovación, se deberán incluir nuevas formas de medición de bienestar social de acuerdo con los lineamientos internacionales, como lo es el Índice para una vida mejor de la OECD.

Por último, se deberán especificar la Caracterización y Diagnóstico Social de acuerdo con las nuevas demandas sociales, donde finalmente 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.

Finalmente es importante mencionar que el Consultor podrá utilizar la metodología más apropiada para el desarrollo de la evaluación socioeconómica de acuerdo con los tiempos estipulados por la Entidad y el alcance del proyecto concerniente a puntos críticos.

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, acorde al Anexo 1 GUIA PARA LA PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS –PRODUCTOS DE LOS CONTRATOS REALIZADOS CON EL INVIAS.

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.